

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**“ÁRBOLES Y ARBUSTOS DE ZONAS ÁRIDAS CON POTENCIAL PARA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN DOS LOCALIDADES DEL
MUNICIPIO DE GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO”**

POR

ING. MARISOL GONZÁLEZ DELGADO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ACENTUACIÓN EN
MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS VEGETALES**

JUNIO, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**“ÁRBOLES Y ARBUSTOS DE ZONAS ÁRIDAS CON POTENCIAL PARA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN DOS LOCALIDADES DEL
MUNICIPIO DE GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO”**

Comité de Tesis

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
Presidente

Dr. Sergio Moreno Limón
Secretario

Dr. Marco Antonio Guzmán Lucio
Vocal 1

Dr. Artemio Carrillo Parra
Vocal 2

Dr. Humberto González Rodríguez
Vocal 3

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**“ÁRBOLES Y ARBUSTOS DE ZONAS ÁRIDAS CON POTENCIAL PARA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN DOS LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE
GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO”**

Dirección de Tesis

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

Director

Dr. Luis Rocha Domínguez

Co-Director

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), por el apoyo económico brindado para la realización de la presente investigación.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi mentor el Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab, por la excelente asesoría brindada, por la influencia académica que ejerció en mí con la estadística y la escritura de artículos, por los acertados comentarios y enriquecedoras sugerencias que durante el tiempo de esta investigación tuvo a bien externar pero sobre todo la gran paciencia y confianza que depositó en mí.

Al Doctor Luis Rocha Domínguez por su ánimo para trazarme esta meta que hoy llega a su fin, por su gran apoyo en la identificación de especies, levantamiento de datos de campo y su gran presión para terminar este escrito.

Al Doctor Sergio Moreno Limón, sus acertados comentarios y enriquecedoras sugerencias que durante el tiempo de esta investigación tuvo a bien externar pero sobre todo por su valiosa amistad, la cual espero sea por mucho tiempo.

Al Dr. Marco Antonio Alvarado, por su gran apoyo en la corroboración de la identificación de especies y por el espacio y tiempo otorgado para estar presente como evaluador en todos mis seminarios.

Al Dr. Humberto González Rodríguez por las facilidades otorgadas para las salidas de campo, por su valiosa asesoría en el último capítulo y apoyo para la publicación de artículos.

Al Dr. Artemio Carrillo Parra por el tiempo dedicado a la revisión de la presente investigación y aceptar ser parte de este comité.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Biológicas por compartir sus conocimientos y experiencia profesional, por cumplir mis expectativas y brindarme una educación de calidad pero sobre todo por dejar una gran huella en mí.

Al Ing. Joel Bravo Garza por esa amabilidad para acompañarme siempre y trabajar con gran empeño en las salidas de campo.

A la Sra. Ana Gutiérrez Hernández por su excelente trato y apoyo en los trámites académicos.

A los habitantes de los ejidos la Hediondilla y Llano la Soledad por permitirme la entrada para el levantamiento de datos necesarios para la presente investigación, por compartir sus alimentos y ofrecerme su hogar como hospedaje.

Y a todas las personas que se han cruzado en mi camino, compartiéndome su vida, aportándome su experiencia y ofreciéndome su amistad para enriquecer la mía.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme disfrutar los placeres de la vida, por estar conmigo en todo momento y darme siempre esa fortaleza para seguir adelante y colmarme de tantas bendiciones cuando menos lo espero.

A mis Padres Héctor González Obregón y Marisol Delgado Sías por su amor, apoyo incondicional y herencia que me brindaron: “Gran educación”.

A mis hermanos Héctor y Fabiola porque siempre a pesar de las altas y bajas estamos juntos para apoyarnos.

A mi esposo Luis Rocha, por demostrarme su gran amor, comprensión, paciencia, apoyo físico y emocional, en todo momento, que me permitieron equilibrar los estudios académicos, con las tareas del hogar como mamá y ama de casa y poder sacar juntos adelante a nuestro hijo, gracias Mi Amor.

Pero sobre todo a mi negrito, mi principito azul, “**Tony**” por la paciencia que me tiene, por el ánimo y sugerencias que me da, por sus cariñosos besos, porque a pesar de sus cortos 6 años tiene la madurez de una adulto, gracias por prestarme tu tiempo mi amor para alcanzar mis metas profesionales que son por y para ti.

Y a todas las mujeres que luchan por convertir sus sueños en realidad.

“Pies para que los quiero si tengo alas para volar”

Frida Kahlo

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	10
HIPÓTESIS.....	12
OBJETIVO DEL TRABAJO.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos particulares.....	12
CAPÍTULOS.	13
SITIO DE ESTUDIO	13
DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	15
CAPÍTULO I.- COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO EN GALEANA, NUEVO LEÓN.....	18
Resumen.....	18
Introducción.....	19
Material y Métodos.....	20
Resultados y Discusión.....	24
CAPÍTULO II.- RESPUESTA GERMINATIVA DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS DEL MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO.....	33
Resumen.....	33
Introducción.....	34
Material y Métodos.....	36
Resultados y Discusión.....	39

CAPÍTULO III.- RESPUESTA AL ESTRÉS HÍDRICO DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS DEL MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO.....	48
Resumen.....	48
Introducción.....	49
Material y Métodos.....	51
Resultados y Discusión.....	54
 CONCLUSIONES.....	 69
PERSPECTIVAS.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
RESUMEN BIOGRÁFICO.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de especies identificadas en el matorral desértico micrófilo.....	24
Tabla 2. Caracterización de la estructura y diversidad de la vegetación del matorral desértico micrófilo.....	28
Tabla 3. Índices de riqueza y diversidad por unidad de muestreo en los sitios de estudio.....	30
Tabla 4. Resultados de ANOVA del índice de Margalef.....	31
Tabla 5. Resultados de ANOVA del índice de Shannon.....	31
Tabla 6. Resultados de ANOVA de Simpson.....	31
Tabla 7. Resultados de ANOVA de Equitatividad.....	32
Tabla 8. Valores de los índices de germinación para los diferentes tratamientos.....	43
Tabla 9. Resultados del ANOVA de la influencia de cada factor por especies en el número de semillas germinadas.....	44
Tabla 10. Correlación entre el porcentaje y velocidad de germinación.....	45
Tabla 11. Efecto de la luz en el índice de germinación por especie.....	46
Tabla 12. Determinaciones analíticas y métodos utilizados en el análisis de suelo.....	53
Tabla 13. Propiedades físicas y químicas para el suelo del sitio de estudio.....	57
Tabla 14. Cuadrado Medio del Error (CME), Valores F y P en clasificación para las 12 fechas de muestreo del contenido gravimétrico de la humedad en el suelo.....	58
Tabla 15. Valores χ^2 y significancia de la prueba de Kruskal-Wallis y potencial hídrico del xilema al pre-amanecer (Ψ_{pd}) de las especies de plantas arbustivas, en cada fecha de muestreo.....	62
Tabla 16. Valores de χ^2 y significancia de la prueba de Kruskal-Wallis y potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md}) de las especies de plantas arbustivas, en cada fecha de muestreo.....	62
Tabla 17. Coeficientes de correlación de Spearman ($n=12$) para valores del potencial hídrico xilemático al preamanecer (Ψ_{pd}) y al mediodía (Ψ_{md})	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vegetación natural perdida, 1993-2002	6
Figura 2. Degradación del suelo por tipo de vegetación y uso del suelo en México.....	6
Figura 3.- Ubicación geográfica de los sitios de muestreo.	14
Figura 4.- Número de géneros registrados por familia.	26
Figura 5. Porcentaje de germinación final (\pm E.S.) de semillas de <i>C. warnockii</i> , <i>F. cernua</i> y <i>L. tridentata</i> en los ocho tratamientos.....	39
Figura 6. Respuesta germinativa de <i>Larrea tridentata</i>	40
Figura 7. Total de semillas germinadas por tratamiento de <i>Larrea tridentata</i>	40
Figura 8. Respuesta germinativa de <i>Flourenzia cernua</i>	41
Figura 9. Total de semillas germinadas por tratamiento de <i>Flourenzia cernua</i>	41
Figura 10. Respuesta germinativa de <i>Condalia warnockii</i>	42
Figura 11. Total de semillas germinadas por tratamiento de <i>Condalia warnockii</i>	42
Figura 12.- Relación entre el porcentaje y velocidad de germinación.....	45
Figura 13.- Temperatura del aire, media mínima, media y media máxima registrada en el sitio de estudio.....	54
Figura 14. Humedad relativa media mínima, media y media máxima registrada en el sitio de estudio.....	55
Figura 15. Precipitación mensual en milímetros registrada durante el ciclo experimental...	56
Figura 16. Contenido gravimétrico de humedad del suelo a cinco profundidades (cm) en las diferentes fechas de muestreo en el ciclo de estudio.....	59
Figura 17. Potencial hídrico xilemático en tres especies nativas obtenidos al preamanecer (a) y al mediodía (b) en las 12 fechas de muestreo.....	61

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

SEMARNAT.- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

CONAFOR.- Comisión Nacional Forestal

CONABIO.- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CNA.- Comisión Nacional de Agua

INEGI.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía

ISTA.- International Seed Testing Association

RESUMEN

Las comunidades de matorral desértico micrófilo comprenden cerca de 19,5'106 ha y son la vegetación más común y ampliamente distribuida en zonas áridas de México. En estas comunidades la especie típicamente dominante es *Larrea tridentata*, un arbusto resinoso siempreverde capaz de sobrevivir en condiciones de extrema sequía debido sobre todo a su contenido de sustancias alelopáticas y metabolitos secundarios. Debido al cambio de uso de suelo, en la actualidad las zonas áridas se encuentran gravemente perturbadas, entre ellas destaca el matorral desértico micrófilo, que cuenta con una superficie de 1'056,046 ha en el Estado de Nuevo León y tiene una pérdida de vegetación de 3,979.76 ha/año. De ahí que los objetivos del estudio consistieron en realizar un estudio sobre las especies con mayor potencial para restauración en zonas áridas, mediante el análisis sobre la composición florística y caracterización de la asociación vegetal del matorral desértico micrófilo, la determinación la viabilidad y germinación de semillas y el potencial hídrico de las especies de *Larrea tridentata* (DC.) Coville (Gobernadora), *Condalia warnockii* M.C. Johnst. (Mora) y *Flourenzia cernua* DC. (Hojasén). Por lo que se evaluó la composición florística y diversidad de dos sitios del matorral desértico micrófilo, localizados en el municipio de Galeana, Nuevo León, México. Se establecieron, aleatoriamente, 16 unidades de muestreo en un diseño de parcelas divididas (32 m x 32 m), en las cuales se estimaron los valores relativos de abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia (IVI) de las herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes de acuerdo con lo formulado por Curtis & McIntosh (1951). Además, se determinaron parámetros dasométricos como altura y diámetro de copa. Se estimó la riqueza de especies α de las comunidades mediante el índice de Margalef (DMg), el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de Simpson (D) y el índice de Equitatividad de Shannon-Wiener (E). Se aplicó el análisis de Cluster, análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey. Se registraron un total de 3,875 individuos, clasificados en 24 géneros y 16 familias, predominando las familias Asteraceae (8 géneros) y Cactaceae (6 géneros). La comunidad vegetal estudiada se integra principalmente de *Flourenzia cernua* (1133) y *Larrea tridentata* (824), cuyos respectivos índices de valor de importancia fueron 40.40% y 35.18%. Para la comunidad estudiada se registró un valor de H' de 1.98, un valor de DMg de 3.39 y D de 0.79. Para la evaluación de la respuesta germinativa, las muestras se analizaron con las Normas ISTA. Las semillas se recolectaron de tres especies seleccionadas en la fechas de abril a junio del 2017 en las dos áreas de estudio *Condalia warnockii*, *Flourenzia cernua* y *Larrea tridentata*. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores, con 4 repeticiones cada uno de 100 semillas. Las semillas se pesaron y su

viabilidad se determinó con la prueba tetrazolio (3 %). El análisis estadístico incluyó ANOVA y el análisis de correlación de Pearson. *Larrea tridentata* presentó 37% de germinación en xerosol y vertisol, *Condalia warnockii* y *Flourenzia cernua* germinaron en menos tiempo y con el porcentaje mayor en sustrato xerosol. Existe correlación positiva entre el porcentaje y velocidad de germinación de las tres especies ($r = 0.92$, $r = 0.71$, $r = 0.58$). El déficit hídrico es un factor limitante para la vegetación del noreste de México, el presente trabajo como tercer objetivo se enfocó a estudiar de manera estacional el potencial hídrico del xilema, en las tres especies del matorral desértico micrófilo seleccionadas. El potencial xilemático al preamanecer como al mediodía se determinó a intervalos de 15 días entre Junio a Noviembre del 2018. Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las especies en el potencial hídrico tanto al pre-amanecer como al mediodía. Durante el periodo de investigación, en general el potencial hídrico del xilema al pre-amanecer osciló de -1.13 MPa a -4.27 MPa (*C. warnockii*) mientras que al mediodía fluctuó de -1.46 MPa (*L. tridentata*) a -3.75 MPa (*C. warnockii*). Respecto al contenido de humedad del suelo para la profundidad 0-10 cm más seca registrada fue del 4 de Noviembre de 0.001 kg kg⁻¹, lo cual se corrobora con el potencial hídrico al preamanecer (valores de -2.64, -3.10 y -3.24 MPa) y el potencial hídrico al mediodía (valores de -3.04, -3.34 y -3.56 MPa, respectivamente). Lo que muestra que las especies *F. cernua* y *L. tridentata* tienden a evitar la deshidratación a bajos contenidos de humedad, mientras que la especie *C. warnockii*, parecer ser más susceptible a los cambios de humedad en el suelo.

ABSTRACT

The microclimate desert scrub communities comprise about 19.5'106 ha and are the most common and widely distributed vegetation in arid zones of Mexico. In these communities, the typically dominant species is *Larrea tridentata*, an evergreen resinous shrub capable of surviving in conditions of extreme drought, mainly due to its content of allelopathic substances and secondary metabolites.

Today drylands are severely disrupted, including the microphyll desert scrubland, which has an area of 1'056,046 ha in the state of Nuevo Leon but has a loss of vegetation of 3979.76 ha /year. Therefore, the objectives of the study consisted in carrying out a study on the species with the greatest potential for restoration in arid zones, through the analysis of the floristic composition and characterization of the vegetal association of the microphyll desert scrub, the determination of the viability and seed germination and the water potential of species *Larrea tridentata* (DC.) Coville (Goberandora), *Condalia warnockii* MC Johnst. (Mora) and *Flourensia cernua* DC. (Hojasén).

During the spring, the floristic composition and diversity was evaluated in two sites of the microphyll desert scrubland area, located in the municipality of Galeana, Nuevo Leon, Mexico. Sixteen sampling units were randomly established in a split plot design (32 mx 32 m), in which the relative values of abundance, dominance, frequency and importance value (IVI) of the herbaceous, shrub and tree species present according to the formulated by Curtis & McIntosh (1951). Also, the parameters of crown diameter and tree height were determined. The species richness and α diversity of communities was estimated by Margalef index (DMg), the Shannon-Wiener (H'), the Simpson index (D) and the Shannon-Wiener evenness index (E). Cluster analysis, analysis of variance and Tukey's mean comparison test were applied. A total of 3,875 individuals was recorded, classified in 26 genera and 16 families, predominating the families Asteraceae (8 genera) and Cactaceae (6 genera). The plant community studied is represented mainly by *Flourensia cernua* (1133) and *Larrea tridentata* (824) whose respective importance value indices were 40.40% and 35.18 %. For the studied community registered a value of $H' = 1.98$, a value of $DMg = 3.39$ and $D = 0.79$. For germination the samples were analyzed with the ISTA Standards. The seeds were collected from three selected species on the dates of April to June 2017 in the two study areas. A completely randomized design was used with a factorial arrangement of two factors, with 4 repetitions each of 100 seeds. The seeds were weighed and their viability was determined with the tetrazolium test (3%). The seeds were germinated for 30 days. Germination was positive when radicle emergence was observed. The statistical analysis of the

calculations of the germination indexes speed and index of germination and germination medium included ANOVA and Pearson's correlation analysis. *Larrea tridentata* presented 37% germination in xerosol and vertisol, *Condalia warnockii* and *Flourenzia cernua* germinated in less time and with the highest percentage in xerosol substrate. There is a positive correlation between the percentage and speed of germination of the three species ($r = 0.92$, $r = 0.71$, $r = 0.58$).

The water deficit is a limiting factor for the vegetation of northeastern Mexico, the present work as the third objective studied in a seasonal way the water potential of the xylem, in the three species of selected microphyllous desert scrub. The xylematic potential at the pre-dawn and at noon. It was determined at intervals of 15 days between June to November 2018.

During the investigation period, in general the water potential of the xylem at pre-dawn ranged from -1.13 MPa to -4.27 MPa (*C. warnockii*) while at noon it fluctuated from -1.46 MPa (*L. tridentata*) to -3.75 MPa (*C. warnockii*). While the moisture content of the soil for the depth 0-10 cm drier registered was November 4th of 0.001 kg kg⁻¹, this is corroborated by the water potential at the pre-dawn (values of -2.64, -3.10 and -3.24 MPa) and the water potential at noon (values of -3.04, -3.34 and -3.56 MPa, respectively). This shows that the species *F. cernua* and *L. tridentata* avoid dehydration at low moisture contents, while the *C. warnockii* specie is more susceptible to changes in soil moisture.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es un problema ambiental crítico en todos los ecosistemas terrestres, dada su importancia mundial, ha sido tema de diversos estudios para determinar y evaluar los recursos naturales así como las formas de contribuir a la conservación y restauración de áreas degradadas (Gálvez, 2002).

La degradación de la tierra inducida por el hombre, representa una seria amenaza para la humanidad, la solución es urgente, esto se debe a que la calidad del suelo se deteriora (Yanes, 2001).

La degradación del suelo ocurre como resultado de múltiples factores ambientales y socioeconómicos entre los que se encuentran la topografía, el clima, los sistemas de producción y de tenencia de la tierra, las políticas públicas y el mercado. Rara vez es un sólo factor el que desencadena la degradación del suelo y la pérdida de la cubierta vegetal, aunque en prácticamente todos los casos el factor dominante son las actividades humanas a través del cambio de uso del suelo, que sustituye la vegetación natural por terrenos para las actividades agrícolas y ganaderas (Alanís, 2006).

A pesar de que hasta el momento no se ha realizado un estudio específico que evalúe la relación entre la degradación del suelo y la cubierta vegetal en el país, los dos más recientes son la evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1 000 000 (SEMARNAT-UACH, 2003) y la Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250000 (SEMARNAT-CP, 2003).

La erosión eólica afecta principalmente a las regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y secas del país, aunque no es exclusiva de ellas. En escala nacional, 9.5% del territorio muestra evidencias de erosión eólica y arroja que las entidades más afectadas son Chihuahua (28.5%), Tlaxcala (26%), Nuevo León (18.9%) y Durango (17.9%) y enlista que las causas de la erosión eólica se atribuyen a una insuficiente protección del suelo por la cubierta vegetal, a niveles bajos de humedad y a la destrucción de la estructura del suelo.

De acuerdo con SEMARNAT (2013) entre 1993 y el año 2002, alrededor de 2.8 millones de hectáreas en el país cambiaron de ser bosques, selvas, matorrales y pastizales para convertirse a otros usos, todo ello a un ritmo de cerca de 306 mil hectáreas por año. En términos netos, los ecosistemas más afectados entre esas fechas fueron las selvas (se perdieron alrededor de 1.3 millones de hectáreas), seguidas por

los matorrales (cerca de 953 mil hectáreas) y los bosques templados (aproximadamente 370 mil hectáreas).

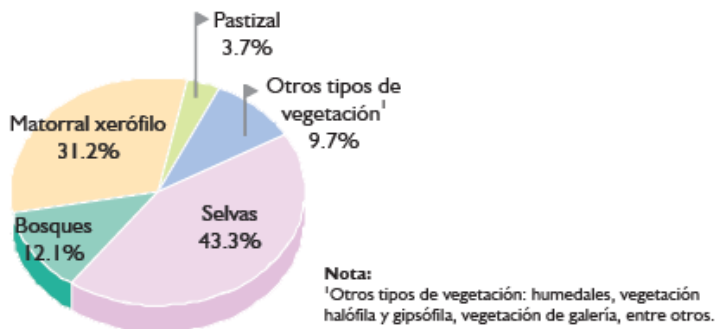


Figura 1. Vegetación natural perdida, 1993-2002 (Fuente: INEGI. 2018. Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie II y III. México).

Sin embargo, si se considera la superficie nacional ocupada por estos ecosistemas, el matorral xerófilo y el bosque templado tienen la mayor proporción de superficie degradada 32.6% y 41.2%, respectivamente que equivalen a 14.8 y 11.8 millones de hectáreas afectadas, en ese orden (Figura 2).

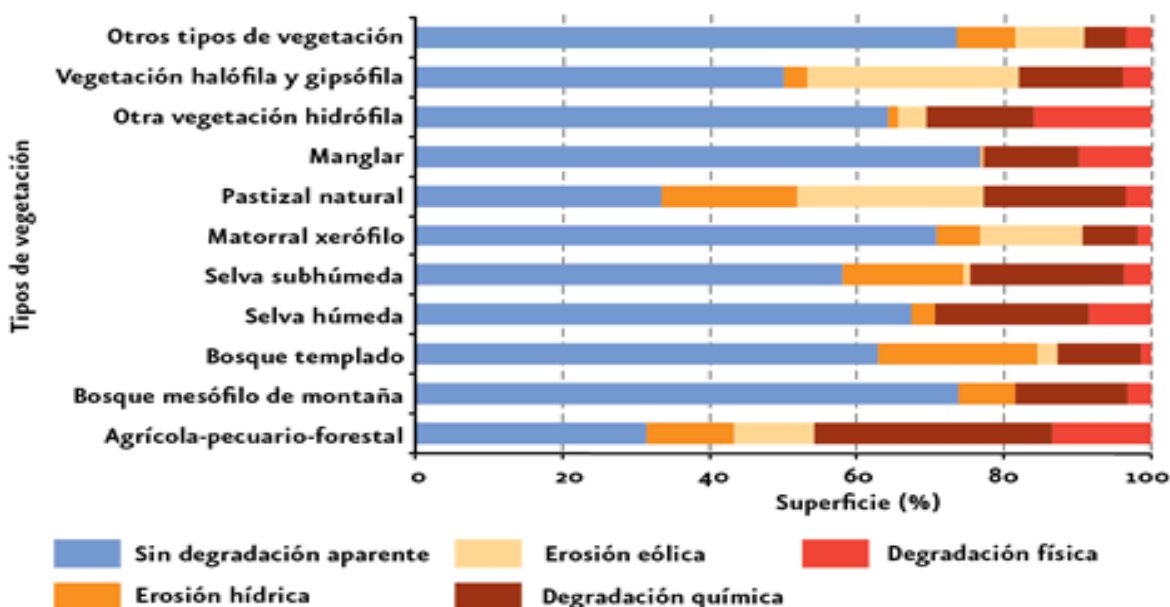


Figura 2. Degradación del suelo por tipo de vegetación y uso del suelo en México.

Aun en zonas con vegetación natural existe degradación del suelo. En las selvas subhúmedas y húmedas, y en los bosques templados y mesófilos de montaña, el nivel de degradación dominante sería el ligero; mientras que en el matorral xerófilo el nivel dominante sería el moderado. La degradación fuerte y extrema del suelo estaría en los pastizales naturales, los cuales son utilizados como zonas de

agostadero, y en los manglares, cuyo uso posterior a la transformación incluye actividades acuícolas y de infraestructura carretera, entre otras (SEMARNAT, 2018).

Estudios demuestran que estamos entre el grupo de países con las tasas de deforestación más altas del planeta, 64% de los suelos de México presentan problemas de degradación en diferentes niveles, que van de ligera a extrema y que sólo el 23% del territorio nacional cuenta con suelos que mantienen sus actividades productivas sustentables sin degradación aparente (CONAFOR, 2009).

Algunos autores estiman que en las zonas áridas, las áreas registradas a nivel global disminuirán del 59% a una cobertura por debajo del 31% para el 2050 (Potting y Bakes, 2004).

La Restauración Ecológica como “una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. El objetivo de este proceso es imitar la estructura, la función, la diversidad y la dinámica del ecosistema original, el ecosistema restaurado contiene un conjunto característico de especies de referencia autóctonas y que proveen una estructura apropiada de la comunidad”. (SER, 2018).

De ahí la necesidad de tomar medidas efectivas que eviten la degradación de los ecosistemas, que promuevan su conservación, su recuperación parcial o total y su posible uso sostenido (Martínez, 2002).

La Sociedad Mexicana tiene el compromiso de participar en la conservación del recurso suelo desde dos frentes: el primero, previniendo su degradación, conservando la vegetación que los protege y el segundo, frenando y revirtiendo los procesos de degradación ya presentes (CONAFOR, 2009).

A fin de atender esta necesidad, se han realizado estudios de vegetación que contribuyan a reducir la degradación del suelo. Sin embargo, el número de especies arbóreas y arbustivas estudiadas continúa siendo una pequeña fracción del total de las especies existentes en el país. De ahí que en esta investigación se analizaron atributos que favorezcan la selección de las especies de zonas áridas para los proyectos de restauración ecológica.

ANTECEDENTES

Autores describen la restauración ecológica como una disciplina de origen reciente, que se enfoca hacia la rehabilitación biótica y abiótica de los sistemas naturales, con la idea de restituir su estructura y procesos funcionales, se ha concentrado en la identificación de los factores que limitan la regeneración, cuyo manejo permitiría controlar y acelerar la sucesión secundaria así como desarrollar métodos para cuantificar los servicios que el ecosistema brinda y poder entonces demostrar el valor económico de éste, sea intacto o restaurado. (Holl, 2000; Meli, 2003).

Sin embargo en México dada la alta inversión necesaria para la reforestación, los dueños de los terrenos forestales son reacios a arriesgarse a plantar especies que pueden sufrir altas tasas de mortalidad o exhibir tasas de crecimiento excepcionalmente lento por lo que estudios sobre el comportamiento de las especies nativas utilizadas en reforestaciones constituyen alternativas de éxito para las zonas áridas, ya que proporcionan una mayor seguridad contra las adversidades del clima por lo que resultan en la preferencia de los productores debido al alto porcentaje de sobrevivencia y por ende reducción de insumos para asegurar su desarrollo y mantenimiento lo cual es un reflejo de adaptabilidad al medio ambiente (Díaz, 2001; Piotto, 2002; Benítez et al., 2004).

Los proyectos de reforestación, restauración y/o manejo sustentable en México son escasos, sin embargo, se han realizado de manera conjunta investigaciones para promover la conservación y restauración de los ecosistemas degradados tanto en áreas geográfica o ecológicamente cercanas a la que nos ocupa, como son estudios para promover la rehabilitación ecológica en el ecosistema, obras y prácticas de conservación de suelos, exclusión de ganado, elaboración de catálogo y/o manuales y reforestación con plantas nativas contribuyendo con ello a altos niveles de sobrevivencia de las especies, un microclima favorable para mejorar las condiciones de suelo, contenido de nutrientes, la colonización y dispersión de semillas (Aguilar, 2002; García, 2000; Benavides, 2009).

Si bien las regiones áridas se caracterizan por tener una riqueza de especies menor que las zonas húmedas y tropicales, en las regiones áridas y semiáridas del norte de México las plantas han evolucionado a una flora rica y distintiva que presenta formas de crecimiento muy especializada (Rzedowski, 2006). Por tanto, se debe dar alta prioridad al mantenimiento de la biodiversidad en estas regiones, ya que una especie que se pierde en una zona árida, representa un mayor porcentaje de

pérdida en biodiversidad, comparativamente con otras regiones con mayor riqueza de especies (McNeely, 2003).

Los diversos estudios ecológicos demuestran que la vegetación arbustiva nativa contribuye a frenar el desgaste del relieve en estos ambientes (Gutiérrez y Squeo, 2004). Por un lado el follaje y la hojarasca de los arbustos reducen la velocidad y por consiguiente, la energía de las gotas que impactan el suelo. Por otro lado, el tronco y las raíces disminuyen la capacidad de los distintos agentes climáticos para transportar materiales (Espinoza *et al.*, 1988). Las gotas que precipitan lo hacen con menos violencia y capacidad de remoción del suelo, y el agua que escurre lo hace a menor velocidad y así arrastra una menor cantidad de partículas.

Diferentes estudios (Foroughbakhch y Heiseke, 1990) muestran que mediante el uso de especies nativas en la restauración de zonas perturbadas se puede alcanzar hasta un 95% de sobrevivencia.

Si el propósito es restaurar o ayudar a obtener un ecosistema semejante al degradado, lo ideal es emplear especies nativas, típicas del área ya que durante siglos fueron adaptándose a las condiciones de la región, han sobrevivido a veranos calientes, inviernos fríos y primaveras con escasez de agua sin el cuidado o mantenimiento del hombre (Barbetti, 1995; Rodríguez, 2006). La inclusión de especies que sean viables en condiciones semiáridas, resistentes a periodos excepcionalmente secos y calurosos, que sean capaces de incrementar la fertilidad del suelo, aumentando eficazmente la cobertura vegetal y controlando la erosión, al tiempo que aceleren la sucesión ecológica en los programas de restauración ayudará en gran medida a la recuperación de las zonas semiáridas en las que la sucesión es extremadamente lenta y los sistemas aplicados hasta ahora muy deficientes (Miranda *et al.*, 2004).

De ahí, el interés en el uso de especies nativas para la reforestación y la restauración es cada vez mayor aunado al gran potencial para proveer productos y servicios ambientales al hombre (Garen *et al.*, 2011).

JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas forestales son el hábitat de una importante diversidad biológica, desarrollan funciones ambientales como la regulación del ciclo hidrológico, captura y almacenamiento de agua, captura de carbono, generación y conservación de suelos, y desempeñan un papel esencial para la producción de materias primas y bienes económicos para las poblaciones humanas. Más de la mitad de los ecosistemas que permiten la vida sobre la Tierra han sufrido una degradación significativa con impactos negativos en la diversidad biológica y los medios de vida de las personas. Por lo que uno de los grandes desafíos es conservar la extensión de dichos ecosistemas y más aún, tratar de recuperar superficies forestales que se han perdido o degradado por el cambio de uso del suelo.

El aumento de cobertura vegetal mediante plantas nativas juega un papel importante en el control de los procesos de degradación, sus funciones que van desde el mejoramiento del paisaje, el control de la fluctuación de las temperaturas, el control de la erosión, la regulación de caudales líquidos, hasta el reforzamiento de los suelos por los sistemas radicales, la disminución o eliminación del efecto del impacto de la erosión hídrica sobre la superficie del suelo y elevando apreciablemente la fertilidad del mismo.

Las especies nativas están bien adaptadas entre sí y forman el ecosistema, sin embargo cuando son destruidas u otras especies son introducidas ese equilibrio se altera y el ecosistema puede llegar a degradarse hasta el punto que no pueda restablecerse por sí mismo. Se requieren grandes y constantes esfuerzos para su estabilización y recuperación. El ser humano, como principal autor de la alteración, debe estar comprometido a realizar acciones de conservación y restauración de suelos con la finalidad de evitar la pérdida de especies y ecosistemas y de garantizar la preservación de sus funciones.

Por lo que un recurso fundamental para evitar la pérdida de suelo, así como acelerar el proceso de recuperación de la vegetación lo constituyen las especies vegetales arbóreas y arbustivas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas, que brinden protección, aporten de materia orgánica al suelo y se adapten a las condiciones edáficas y climáticas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo y sostenibilidad futura de un ecosistema.

Son limitados los estudios disponibles sobre las relaciones hídricas y adaptaciones a la sequía en plantas arbustivas de la región Noreste de México. Por ello el estudio comprende el aporte de

conocimiento e investigación sobre las especies vegetales nativas arbóreas y arbustivas del Matorral Desértico Micrófilo con mayor potencialidad para restauración ecológica en el Noreste de México por la adaptabilidad que presentan a las condiciones del entorno, favoreciendo la recuperación de áreas con problemas de suelos degradados.

HIPÓTESIS

La presencia de especies arbóreas y arbustivas nativas seleccionadas en base a sus características ecológicas y fisiológicas en cada área indica la adaptabilidad de éstas a las condiciones del entorno, lo cual favorece la recuperación de áreas con problemas de suelos degradados y por consecuencia son óptimas para ser utilizadas en la restauración ecológica.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar el potencial de adaptación de especies arbóreas y arbustivas para fines de restauración ecológica en dos comunidades vegetales en el municipio de Galeana, Nuevo León, México.

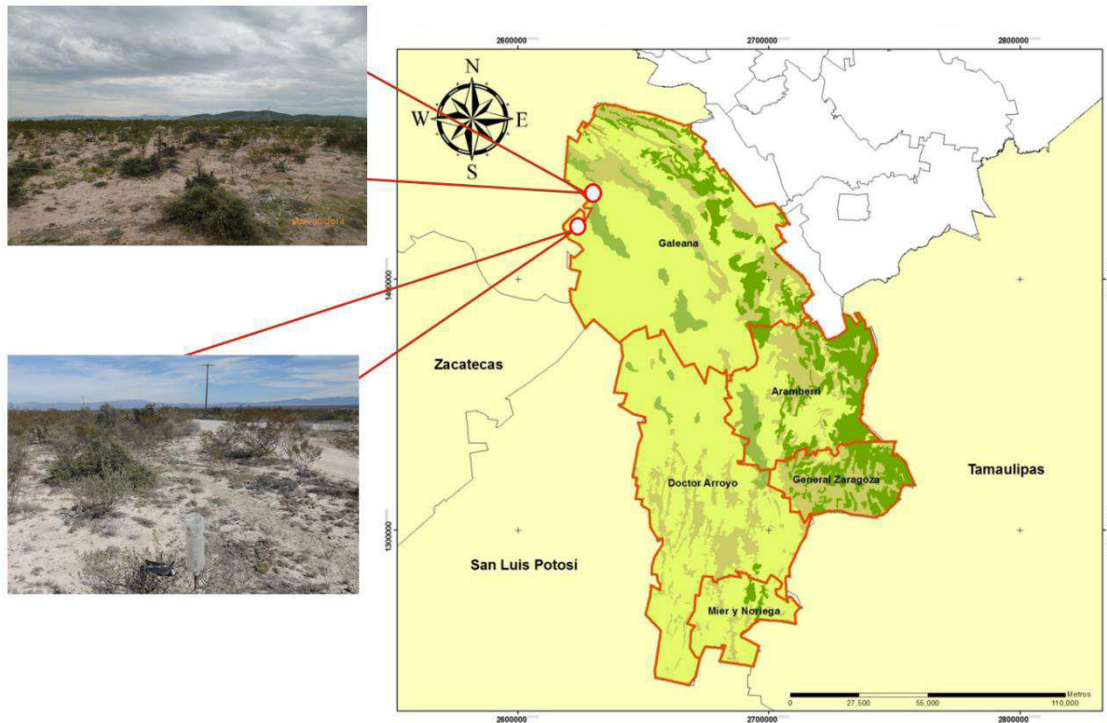
Objetivos particulares

- Conocer la composición florística y la caracterización de la estructura y diversidad del Matorral Desértico Micrófilo.
- Calcular el potencial hídrico de las especies seleccionadas.
- Caracterizar la tasa de germinación de las especies, a fin de reforestar los sitios de estudio seleccionados.

CAPÍTULOS

SITIO DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Galeana, Nuevo León, en dos áreas del matorral desértico micrófilo del Noreste de México, una conocida como la Hediondilla de una extensión de 11,988 ha a una altura de 1880 m.s.n.m. bajo las coordenadas 24°58'45" latitud N y 100° 41'49" longitud W y la segunda conocida como la Soledad bajo las coordenadas 24°52'32" latitud N y 100°43'33" longitud W (Figura 1). El clima es de tipo BSok (x'): árido, templado, con una temperatura media entre 12°C y 18°C, una temperatura mensual máxima de 36.6°C en abril y una mínima de -4.9°C en enero (García, 1981; CONABIO, 2008; CNA-SMN, 2018). La precipitación promedio anual es de 429.1 mm, con máxima mensual en enero (318 mm) y mínima mensual en abril (72 mm) (CNA-SMN, 2018). El suelo es xerosol háplico y cálcico con fase física petrocálcica (INEGI, 1986) donde se presenta matorral desértico micrófilo (CONABIO, 2008), conformado por especies que toleran altas concentraciones de sales, destacando *Larrea tridentata* ((Moç. & Seseé ex DC.) Coville), *Rhus microphylla* (Engelm. ex A. Gray), *Condalia ericoides* ((A.Gray) M.C. Johnston), *Atriplex canescens* ((Pursh) Nutt.), *Yucca filifera* (Chabaud), *Acacia constricta* (Benth.) *Fouquieria splendens* Engelm, *Flourensia cernua* DC., *Zinnia acerosa* DC., *Parthenium incanum* Kunth, *Jatropha dioica* Cerv. y *Koeberlinia spinosa* Zucc. (Yen, 2006, Estrada *et al.*, 2010; Granados *et al.*, 2011).



Sitio de Muestreo	Ubicación geográfica		Altitud
	Norte	Oeste	
Hediondilla	24° 58' 45"	100° 41' 49"	1880 msnm
Llano la Soledad	24° 58' 45"	100° 41' 49"	1880 msnm

Figura 3.- Ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS

Condalia warnockii MC. Johnst



Arbustos 0.5-3 m de alto; ramas primarias glabras de 5-20 (-30) cm de largo, arqueadas, ramas secundarias 2-7 (hasta 9) cm de largo, rectas, espinosas, epidermis pardo púrpura, densa y cortamente villosa o velutinoso, entrenudos (0.5)1-2(3) mm de longitud. Hojas alternas o usualmente en fascículos de 2-5, lámina espatulada, de 3-7(10) mm de longitud, (0.5)1-2.6(4) mm de ancho, haz o amarillo-pardo o verde grisáceo, hispiduloso, envés verde-olivo oscuro o verde grisáceo, hispiduloso, nervaduras levantadas algo más pálidas incluyendo el nervio medio y las venas secundarias, margen entero,

ápice agudo, base cuneada; peciolos ca. 0.5 mm de longitud, hispidulos; estípulas subuladas, ca. 1 mm de longitud, hispidulas. Flores solitarias o en fascículos de 2-3; pedicelos de 0.5-3 mm de longitud, densamente hispidulos; sépalos deltoides de 1-1.8 mm de longitud, hispidulos; pétalos ausentes; estambres más cortos que los sépalos; anteras de 0.3-0.5 mm de longitud; ovario cónico globoso, glabro, estilo robusto, de 0.5-0.7 mm de longitud, capitado terminalmente. Fruto negro o negro rojizo,

casi globoso de 4-6 mm de longitud; hueso más largo que ancho; con una o dos semillas (Fernández-Nava et al., 2013).



Flourensia cernua DC.

Arbusto perenne nativo C3. Es muy ramificado y densamente frondoso. Su forma de crecimiento puede ser erecta.

Crece de 0.3 m a 2 m de altura. Las hojas son alternas, simples y elípticas de 2.5 cm de largo, caducifolias en invierno. Estructuras reproductivas: las cabezas de flores son pequeñas, solitarias. Cada cabeza tiene hasta 20 flores. Las flores son hermafroditas. Los frutos son aquenios de una sola semilla que son aplanados, peludos y de aproximadamente 6 mm de largo. Las flores, hojas y tallos son altamente resinosos. Produce un característico olor a alquitrán debido a la presencia de compuestos secundarios.

Raíz capaz de explotar la humedad del suelo tanto superficial como profunda, a menudo se describe como de raíz poco profunda porque mayor a 75% de las raíces adultas se encuentran dentro de las 40 cm superiores del suelo, se extendieron horizontalmente hasta 4 m, dependen principalmente del agua de las capas superiores del suelo, que se recarga con pequeños eventos de lluvia comunes. Por lo tanto, pequeños eventos de lluvia son probablemente críticos para el establecimiento y su supervivencia. Un pequeño número de raíces americanas de son profundas hasta 5 m. Estas raíces pueden acceder al agua desde horizontes que se recargan con poca frecuencia y pueden sostener plantas individuales durante largas sequías (Stubbendieck, 1992).



***Larrea tridentata* (DC.) Cov.**

Arbusto siempre verde, aromático, de hasta 4 m de alto, tallo muy ramificado desde cerca de la base (sin un tronco bien definido); las numerosas ramas abiertas, ascendentes, delgadas, onduladas como en zig-zag, a veces con pelillos; corteza gris (café-rojiza en las ramas jóvenes); nudos oscuros, evidentes y resinosos, dándole a las ramitas un aspecto articulado. Las hojas son opuestas, cortamente pecioladas a casi sésiles, compuestas de 2 folíolos) asimétricas unidas entre sí hacia la base, puntiagudas, correas, lustrosas, de color

verde oscuro a verde-amarillento, resinosas, de hasta 1 cm de largo, con pelillos. Flores solitarias, de alrededor de 2.5 cm de diámetro; sépalos 5, desiguales, de 5 a 8 mm de largo, caedizos; pétalos 5 obovados, cóncavos, fuertemente angostados hacia la base, a veces torcidos, de hasta 1.2 cm de largo y aproximadamente 5 mm de ancho; estambres 10, los filamentos alados. El fruto es una cápsula globosa, 5 lobada, de aproximadamente 6 mm de diámetro, cubierta de abundantes pelos largos, blancos o rojizos (Correll y Johnston, 1970).

Capítulo I.- Composición florística y caracterización estructural del Matorral Desértico Micrófilo en Galeana, Nuevo León

Resumen

La región sur del Estado de Nuevo León cuenta con una superficie de 1'056,046 ha perteneciente a vegetación de zonas áridas, presenta una diversidad de ecosistemas, en su mayoría de condición árida, entre los que destaca el matorral desértico micrófilo. Sin embargo, en la actualidad las zonas áridas del Sur de Nuevo León se encuentran perturbadas, principalmente debido al cambio de uso de suelo, teniendo una pérdida de vegetación de 3,979.76 ha/año (UFNL, 2012).

De ahí que los objetivos del estudio consistieron en realizar análisis sobre la composición florística y caracterización de la asociación vegetal del matorral desértico micrófilo que contribuyan a conocer la estructura de la comunidad para un manejo adecuado de los recursos vegetales y el establecimiento de propuestas de conservación del mismo. Durante la primavera del 2015 se evaluó la composición florística y diversidad de dos sitios del matorral desértico micrófilo, localizados en el municipio de Galeana, Nuevo León, México. En la localidad se establecieron, aleatoriamente, 16 unidades de muestreo en un diseño de parcelas divididas (32 m x 32 m), en las cuales se estimaron los valores relativos de abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia (VI) de las herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes de acuerdo con lo formulado por Curtis & Mc Intosh (1951). Además, se determinaron parámetros dasométricos como altura y diámetro de copa. Se estimó la riqueza de especies α de las comunidades mediante el índice de Margalef (DMg), el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de Simpson (D) y el índice de Equitatividad de Shannon-Wiener (E). Se aplicó el análisis de Cluster, para identificar la diferencia entre las unidades de muestreo, el análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre las unidades de muestreo y la prueba de comparación de medias de Tukey. Se registraron un total de 3,875 individuos, clasificados en 24 géneros y 16 familias, predominando las familias Asteraceae (8 géneros) y Cactaceae (6 géneros). La comunidad vegetal estudiada se integra principalmente de *Flourenzia cernua* (1133 individuos) y *Larrea tridentata* (824 individuos), cuyos respectivos índices de valor de importancia fueron 40.40% y 35.18%. Para la comunidad estudiada se registró un valor de diversidad de H' de 1.98, un valor de riqueza de DMg de 3.39 y para dominancia de D de 0.79.

Palabras claves: matorral desértico micrófilo, noreste de México, composición florística, diversidad.

Introducción

El matorral xerófilo constituye el tipo de vegetación mejor representado en el norte de México (Rzedowski, 2006). De hecho, en algunas entidades del norte ocupa las mayores coberturas vegetales, como es el caso del Estado de Nuevo León, donde esta comunidad se presenta en 54.6% de toda su superficie (Palacio *et al.*, 2000). Esta formación vegetal está representada por comunidades como matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo (González-Medrano, 2004).

La región sur del Estado de Nuevo León cuenta con una superficie de 1'056,046 ha perteneciente a vegetación de zonas áridas (UFNL, 2012). Presenta una diversidad de ecosistemas, en su mayoría de condición árida, entre los que destaca el matorral desértico micrófilo, por lo que se considera de gran importancia el papel que desempeña como fuente de hábitat y refugio para gran cantidad de especies animales y por la provisión de productos maderables y no maderables.

El matorral desértico micrófilo agrupa las comunidades en que las plantas que imprimen el carácter fisonómico a la vegetación corresponden a elementos arbustivos de hoja pequeña, que incluyen casi siempre a *Larrea tridentata* (DC.) Cov. y *Flourensia cernua* DC. (Rzedowski, 2006). Estas agrupaciones son las que ocupan la mayor parte de la extensión de las regiones áridas de México. Sin embargo, en la actualidad las zonas áridas del Sur de Nuevo León se encuentran perturbadas, principalmente debido al cambio de uso de suelo, siendo el municipio de Galeana con 115,578.94 ha, la superficie con mayor deterioro (UFNL, 2012).

A pesar del impacto ambiental que se ha ejercido, se ha puesto poca atención para conocer los efectos negativos sobre la flora y mucho menos en recuperar las superficies forestales que se han perdido o degradado por el cambio de uso del suelo (CONAFOR, 2009).

La caracterización de la vegetación es importante, debido a que la distribución de las especies no es similar y la aparición de una especie puede ser nula o abundante, por tener limitaciones de distribución por algún factor edáfico o climático. De esta manera, la información generada puede ser un medio para hacer propuestas de conservación y/o regeneración en áreas reducidas o fragmentos de vegetación del matorral (Rosenzweig, 1995).

De ahí que los objetivos del estudio consistieron en realizar análisis sobre la composición florística y caracterización del matorral desértico micrófilo de un área del municipio de Galeana que contribuyan a conocer la estructura de la comunidad para un manejo adecuado de los recursos vegetales y el establecimiento de propuestas de conservación para contrarrestar los efectos nocivos de los procesos de degradación del suelo.

Materiales y Métodos

El estudio sobre la composición florística y la caracterización de la estructura y diversidad del Matorral Desértico Micrófilo se llevó a cabo durante los meses de marzo a diciembre de 2015, en dos sitios de muestreo se establecieron 16 unidades de muestreo, de 1024 m² cada una y fueron distribuidas en un diseño de parcelas divididas en bloques al azar; representando, las parcelas grandes los dos sitios de muestreo (La Hediondilla y Llano La Soledad) y las subparcelas las 16 unidades de muestreo (8 en cada sitio). Las unidades de muestreo se establecieron de forma cuadrada de 32 x 32 m, separadas por una distancia aproximada de 1000 m. de acuerdo con Zúñiga y Prieto, 2004).

De las 8 unidades de muestreo por sitio, 4 fueron establecidas en zonas con disturbio y las otras 4 en ausencia de éste. Los criterios utilizados para la localización de las unidades con o sin disturbio se basaron en la información proporcionada por el comisariado ejidal y los recorridos de campo sobre el uso que tienen para actividades agrícolas y/o ganaderas o exclusión de las mismas.

Para la caracterización de la vegetación presente en los sitios de muestreo se verificó la identidad de las especies y sus sinonimias a través de información bibliográfica de Brummitt & Powell (1992), recorridos de campo y a la recolección de ejemplares botánicos de todas las especies, que fueron identificadas y depositadas en el herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UNL).

Para cada unidad de muestreo se midieron los tres estratos formas vegetales (árboles, arbustos y herbáceas) y a cada individuo se le evaluó la altura y el área de copa midiendo el espacio ocupado por la copa en sentido norte-sur y este-oeste.

Se determinó la riqueza y diversidad florística de cada unidad de muestreo mediante las cuantificaciones de diferentes índices de riqueza de especies como el índice de Shannon-Weiner,

Simpson, Margalef y Equitatividad, de acuerdo con Franco (1989); Mueller-Dombois (1974) y Rosenzweig (1995); Mora-Donjuán (2014).

Para cada especie se determinaron las siguientes variables estructurales: abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Ai = \frac{Ni}{S} \qquad ARi = \left(\frac{Ai}{\sum Ai} \right)^n \times 100$$

Donde:

A_i = Abundancia relativa

AR_i = Abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total

N_i = Número de individuos de la especie i

S = Superficie de muestreo (ha).

$$Di = \frac{Ab(i)}{S(ha)} \qquad DRi = \left(\frac{Di}{\sum Di} \right)^n \times 100$$

Donde:

D_i = Dominancia relativa

DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total

Ab = Área de copa de la especie i

S = Superficie de muestreo (ha).

$$Fi = \frac{Pi}{NS} \qquad FRi = \left(\frac{Fi}{\sum Fi} \right)^n \times 100$$

Donde:

F_i = Frecuencia relativa

FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total

P_i = Número de sitios en los que está presente la especie i

NS = Número total de unidades de muestreo

$$IVI = Ai + Di + Fi / 3$$

Donde:

IVI = Índice de valor de importancia

A_i = Abundancia relativa

D_i = Dominancia relativa

F_i = Frecuencia relativa

Para estimar la diversidad α de las comunidades se utilizó el índice de Margalef (DMg) y el índice de Shannon-Wiener (H') de acuerdo con el procedimiento de Magurran, 2004, mediante las ecuaciones:

$$DMg = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

DMg = Índice de Margalef

S = Número total de especies presentes

N = Número total de individuos

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Proporción de individuos de la especie i

\ln = Logaritmo natural

La equitatividad o proporción que guardan las abundancias relativas de las especies de la comunidad se determinó mediante el índice de Equitatividad de Shannon-Wiener (E) de acuerdo con Magurran, 2004.

$$E = H' / \ln(S)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = Número total de especies presentes

\ln = Logaritmo natural

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un paquete estadístico SPSS (Vers. 20) aplicándose el análisis de Cluster, a fin de lograr la máxima homogeneidad o identificar la diferencia entre las unidades de muestreo.

De igual forma se aplicaron el análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre las unidades de muestreo. Los valores promedios de unidades de muestreo fueron comparados mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (Zar, 1996).

Resultados y Discusiones

Se evaluaron 3,875 individuos de las 30 especies de árboles, arbustos y herbáceas registradas en las 16 unidades de muestreo establecidas (Tabla 1), las cuales se agrupan en 16 familias, predominando la familia Asteraceae (9) y Cactaceae (6), en el resto de las familias solo se presentaron de 1 a 2 especies (Figura 3). De las 16 unidades de muestreo la Unidad 13 tuvo la menor presencia de especies con 11, mientras que la Unidad 12 registró el valor más alto con 35 especies ambas ubicadas en el sitio de la Hediondilla, dichos datos demuestran que el alto número de especies está relacionada con el grado de perturbación del área (Tabla 3).

Tabla 1. Lista de especies identificadas en el matorral desértico micrófilo.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Forma de vida
Agrito	<i>Berberis trifoliolata</i> Moric.	Berberidaceae	herbácea
Pasto gallito	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	Poaceae	herbácea
Arbusto de Javelin	<i>Condalia ericoides</i> (A.Gray)	Rhamnaceae	arbustiva
	M.C. Johnston		
Crucillo	<i>Condalia warnockii</i> M.C. Johnston.	Rhamnaceae	arbustiva
Coyonostle / Choya	<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Hae.)	Cactaceae	arbustiva
	F.M. Knuth		
Tasajillo	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.)	Cactaceae	arbustiva
	F.M. Knuth		
Hierba serpiente	<i>Dyschoriste decumbeas</i> (A. Gray)	Acanthaceae	herbácea
	E.E. Kuntze		
Alicoche / Pithaya	<i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm.	Cactaceae	arbustiva
Popotillo	<i>Ephedra aspera</i> Engelm. ex S. Wats.	Ephedraceae	herbácea
Hojasén	<i>Flourenzia cernua</i> DC.	Asteraceae	arbustiva

Aretitos	<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh.	Onagraceae	herbácea
Tatalencho	<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae	arbustiva
Junco / Corona de cristo	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.	Koeberlinaceae	arbustiva
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville	Zygophyllaceae	arbustiva
Chile de pájaro / Lentejilla	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae	herbácea
Escoba de pasmo	<i>Machaeranthera crutchfieldii</i> B.L.Turner	Asteraceae	herbácea
Árnica	<i>Machaeranthera pinnatifida</i> (Hook.) Shinnars	Asteraceae	herbácea
Biznaga chilitos	<i>Mammillaria heyderi</i> Muelenpf.	Cactaceae	arbustiva
Nopal cuijo	<i>Opuntia cantabrigensis</i> Lynch	Cactaceae	arbustiva
Nopal rastrero	<i>Opuntia rastrera</i> Weber	Cactaceae	arbustiva
Mariola	<i>Parthenium confertum</i> A.Gray	Asteraceae	herbácea
Escoba amarga	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	herbácea
Mariola	<i>Parthenium incanum</i> Kunth	Asteraceae	herbácea
Buena mujer	<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	Solanaceae	herbácea
Hierba del negro	<i>Sphaeralcea hastulata</i> A. Gray	Malvaceae	herbácea
Maleza de perro	<i>Thymophylla aurea</i> (A. Gray) Greene	Asteraceae	herbácea
Lengua de perro	<i>Tiquilia canescens</i> (DC.) A.T. Richardson	Boraginaceae	herbácea
Moradilla	<i>Verbena plicata</i> Greene	Verbenaceae	herbácea
Corona barbuda	<i>Verbesina nana</i> (A. Gray) B.L. Rob. & Greenm.	Asteraceae	herbácea
Palma pita	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Agavaceae	arbórea

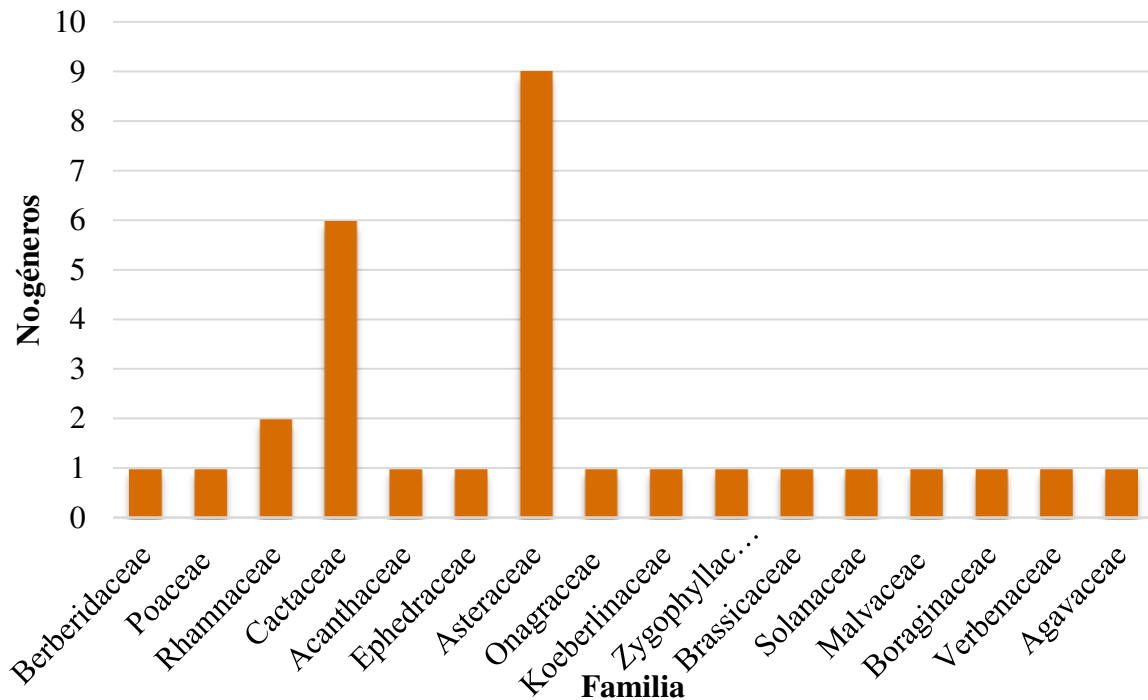


Figura 4.- Número de géneros registrados por familia.

Abundancia

Respecto a la abundancia absoluta de cada uno de los elementos, en relación a las demás especies, dos especies fueron las más destacadas: *Flourenicia cernua* (Asteraceae) con 1133 individuos fue la más abundante, seguida por *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) con 824 individuos (Tabla 2); lo anterior concuerda con lo reportado por González *et al.* (2013) en donde el 86% de la cobertura total estuvo representada por *Larrea tridentata* (48%) y *Flourenicia cernua* (38%).

Dominancia.- Las especies con mayor dominancia fueron: *Cylindropuntia leptocaulis* con un 13.85% de la cobertura del área de estudio, seguida por *Koeberlinia spinosa* con 12.44%, mientras que la especie con menor dominancia es *Machaeranthera pinnatifida* con un 0.02%; el área evaluada presenta 1497.36 m²/ha de cobertura, lo que representa un valor muy bajo, es decir un 85% del área se encuentra desprovista de vegetación y representa valores inferiores a los de otras investigaciones en la misma área de estudio (González *et al.*, 2013) reportan valores de 3325m²/ha, lo que indica la pérdida de las especies que mayor contribuyen a la productividad de este ecosistema (Arriaga, 2008).

Frecuencia. Las especies con la mayor frecuencia (100%) fueron *Flourenicia cernua*, *Larrea tridentata*, *Koeberlinia spinosa*, *Bouteloua simplex* y *Tiquilia canescens* presentes en las 16 unidades

de muestreo. Mientras que las especies menos frecuentes (12.50%), son *Berberis trifoliolata*, *Mamillaria heyderi* y *Yucca filifera*, presentes en sólo 1 de los 16 sitios de muestreo (Tabla 2).

Índice de valores de importancia (IVI). El mayor peso ecológico, IVI se registró en el estrato arbutivo (Tabla 2) para *Flourenzia cernua* (15.61%), seguido por *Larrea tridentata* (12.21%), *Koeberlinia spinosa* (6.15%) y el herbáceo por *Tiquilia canescens* (6.07%), valores similares han sido reportados por otras investigaciones (Mata, *et al.*, 2014 y Ugalde-Avila, *et al.*, 2008). Las especies con menor IVI son *Mammillaria heyderi* (0.28%) y *Gaura coccinea* (0.49%).

Índice de Margalef. El valor de riqueza (DMg), presenta rangos de 2.95-5.85 para las unidades de muestreo bajo disturbio, mientras que para las unidades de muestreo sin disturbio se presentan rangos de 1.72-3.84 (Tabla 4), lo que indica que existe una diferencia significativa entre la riqueza de especies de los sitios con presencia y ausencia de disturbio ($F= 4.44$, $P=0.02$).

Índice de Shannon-Wiener. La unidad de muestreo 12 presenta el valor más alto $H'= 2.67$, que puede obedecer a que esta unidad cuenta con una mejor combinación de características de densidad, frecuencia y cobertura (Medina *et al.*, 2016). En promedio las unidades de muestreo del sitio Llano la Soledad presentan un valor de $H'=1.98$ mientras que la Hediondilla $H'=2.14$ lo que muestra que no existe una diferencia entre la biodiversidad específica de las unidades de muestreo de ambos sitios (Tabla 5). Algunos estudios realizados en el matorral desértico micrófilo reportan valores similares (Estrada, 2010; González *et al.*, 2013; Mora-Donjuán *et al.*, 2010; Yen, 2006).

Índice de Simpson

Presentó valores desde $D=0.12$ a $D=0.43$ el cual no siempre es mayor cuando se registra el mayor número de especies, debido a la ausencia de una especie dominante. Tal caso, se observa en las unidades de muestreo 6 y 13 que a pesar de tener el valor más alto en cuanto a dominancia, presenta una baja riqueza de especies, mientras que la unidad de muestreo 12 posee la menor dominancia y cuenta con el mayor número de especies presentes (Tabla 6).

Equitatividad. Se compararon las especies vegetales presentes en las unidades de muestreo con y sin disturbio, comprobando que existe una equitatividad similar entre ellas (Tabla 7).

Tabla 2. Caracterización de la estructura y diversidad de la vegetación del matorral desértico micrófilo.

Especie	Frecuencia	Frecuencia relativa	Abundancia	Abundancia relativa	Cobertura promedio	Dominancia	Dominancia relativa	Densidad	Densidad relativa	Valor de Importancia
<i>Berberis trifoliolata</i>	2	12.50	1.00	0.03	174.92	0.12	11.68	0.00	0.67	4.12
<i>Bouteloua simplex</i>	16	100.00	184.00	4.75	4.07	0.00	0.27	0.00	5.33	3.45
<i>Condalia ericoides</i>	8	50.00	5.00	0.13	16.65	0.01	1.11	0.00	2.67	1.30
<i>Condalia warnockii</i>	10	62.50	44.00	1.14	72.80	0.05	4.86	0.00	3.33	3.11
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	12	75.00	37.00	0.95	98.17	0.07	6.56	0.00	4.00	3.84
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	4	25.00	2.00	0.05	207.35	0.14	13.85	0.00	1.33	5.08
<i>Dyschoriste decumbens</i>	12	75.00	24.00	0.62	30.03	0.02	2.01	0.00	4.00	2.21
<i>Echinocereus enneacanthus</i>	4	25.00	4.00	0.10	9.17	0.01	0.61	0.00	1.33	0.68
<i>Ephedra aspera</i>	12	75.00	104.00	2.68	2.63	0.00	0.18	0.00	4.00	2.29
<i>Flourensia cernua</i>	16	100.00	1218.00	31.43	150.60	0.10	10.06	0.00	5.33	15.61
<i>Gaura coccinea</i>	4	25.00	2.00	0.05	1.13	0.00	0.08	0.00	1.33	0.49
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	6	37.50	5.00	0.13	2.66	0.00	0.18	0.00	2.00	0.77
<i>Koeberlinea spinosa</i>	16	100.00	26.00	0.67	186.21	0.12	12.44	0.00	5.33	6.15
<i>Larrea tridentata</i>	16	100.00	824.00	21.26	150.20	0.10	10.03	0.00	5.33	12.21
<i>Lepidium virginicum</i>	8	50.00	8.00	0.21	9.19	0.01	0.61	0.00	2.67	1.16
<i>Machaeranthera crutchfieldii</i>	6	37.50	7.00	0.18	70.57	0.05	4.71	0.00	2.00	2.30
<i>Machaeranthera pinnatifida</i>	6	37.50	23.00	0.59	0.33	0.00	0.02	0.00	2.00	0.87
<i>Mammillaria heyderi</i>	2	12.50	1.00	0.03	2.26	0.00	0.15	0.00	0.67	0.28
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	14	87.50	81.00	2.09	140.74	0.09	9.40	0.00	4.67	5.39
<i>Opuntia rastrera</i>	14	87.50	26.00	0.67	35.89	0.02	2.40	0.00	4.67	2.58
<i>Parthenium cofertum</i>	6	37.50	9.00	0.23	16.21	0.01	1.08	0.00	2.00	1.10
<i>Parthenium histerofus</i>	12	75.00	6.00	0.15	0.50	0.00	0.03	0.00	4.00	1.40
<i>Parthenium inncanum</i>	12	75.00	6.00	0.15	127.42	0.09	8.51	0.00	4.00	4.22
<i>Solanum eleagnifolium</i>	12	75.00	64.00	1.65	1.81	0.00	0.12	0.00	4.00	1.92
<i>Sphaeralcea hastulata</i>	6	37.50	156.00	4.03	1.14	0.00	0.08	0.00	2.00	2.03

<i>Thymophylla aurea</i>	14	87.50	491.00	12.67	6.38	0.00	0.43	0.00	4.67	5.92
<i>Tiquilia canescens</i>	16	100.00	478.00	12.34	8.10	0.01	0.54	0.00	5.33	6.07
<i>Verbena plicata</i>	10	62.50	34.00	0.88	2.82	0.00	0.19	0.00	3.33	1.47
<i>Verbesinna nana</i>	6	37.50	4.00	0.10	2.00	0.00	0.13	0.00	2.00	0.75
<i>Yucca filifera</i>	2	12.50	1.00	0.03	41.66	0.03	2.78	0.00	0.67	1.16
Total			3875	100	1573.61	1.05	105.09	0.03	94.67	100

Tabla 3. Índices de riqueza y diversidad por unidad de muestreo en los sitios de estudio.

Unidad de muestreo	Índice de Shannon	Índice de Simpson	Índice de Menhinick	Índice de Margalef	Equitatividad	Dominancia	No. Especies
Llano la Soledad							
Con disturbio							
1	2	0.81	0.8	2.95	0.67	0.19	20
2	2.25	0.84	1.21	4.08	0.69	0.16	26
3	2.3	0.85	1.17	4.15	0.7	0.15	27
4	2.1	0.83	0.96	3.02	0.71	0.17	19
Sin disturbio							
5	1.97	0.8	0.96	3.12	0.66	0.2	20
6	1.34	0.64	0.57	1.8	0.54	0.36	12
7	1.91	0.8	0.65	2.35	0.69	0.2	16
8	2.03	0.82	0.87	2.69	0.72	0.18	17
La Hediondilla							
Con disturbio							
9	2.34	0.86	1.29	3.81	0.75	0.14	23
10	2.42	0.87	1.37	4.02	0.76	0.13	24
11	2.21	0.81	1.4	4.51	0.66	0.19	28
12	2.67	0.88	1.91	5.85	0.75	0.12	35
Sin disturbio							
13	1.16	0.57	0.6	1.72	0.48	0.43	11
14	2.2	0.82	1.29	3.82	0.7	0.18	23
15	1.69	0.71	0.84	2.43	0.62	0.29	15
16	2.41	0.88	1.31	3.84	0.77	0.12	23

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Índice de Margalef	310.6875	3	103.56	4.44*	0.0255	3.49
Error	279.75	12	23.31			
Total	590.4375	15				

Tabla 4. Resultados de ANOVA del índice de Margalef.

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Índice de Shannon	0.93	3	0.31	2.63	0.0977	3.49
Error	1.41	12	0.12			
Total	2.34	15				

Tabla 5. Resultados de ANOVA del índice de Shannon.

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Índice de Simpson	6.25E-06	1	6.25E-06	0.00	0.9782	4.60
Error	0.1138875	14	0.00			
Total	0.11389375	15				

Tabla 6. Resultados de ANOVA de Simpson.

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Índice de equitatividad	0.019	3	0.00	1.06	0.4017	3.49
Error	0.07	12	0.00			
Total	0.09	15				

Tabla 7. Resultados de ANOVA de equitatividad.

Capítulo II.- Respuesta germinativa de tres especies arbustivas del Matorral Desértico Micrófilo en el Noreste de México.

Resumen

La recuperación de los ecosistemas de zonas áridas con problemas de degradación del suelo por erosión eólica y actividades antropogénicas cada día resulta de mayor importancia. Las plantas poseen mecanismos que les permiten detectar cambios ambientales y factores que pueden alterar la germinación de sus semillas. Esa respuesta se afecta por el fotoblastismo y tipo de sustrato. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de estos dos factores en la viabilidad y germinación de semillas de *Larrea tridentata* (DC.) Coville (Gobernadora), *Condalia warnockii* M.C. Johnst. (Mora) y *Flourencia cernua* DC. (Hojasén). La hipótesis fue que el fotoblastismo y tipo de sustrato afectan la tasa de germinación de las semillas. La información podría usarse para favorecer su reproducción para la reforestación de sitios de zonas áridas con problemas de degradación del suelo. Las muestras se analizaron con las Normas ISTA (International Seed Testing Association). Las semillas se recolectaron de abril a junio del 2017 en dos áreas del municipio de Galeana, Nuevo León, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores, con 4 repeticiones cada uno de 100 semillas. Las semillas se pesaron y su viabilidad se determinó con la prueba tetrazolio (3%). Las semillas se germinaron por 30 días. La germinación fue positiva cuando se observó emergencia de la radícula. El análisis estadístico de los cálculos de los índices de germinación velocidad e índice de germinación y germinación media incluyó ANOVA y el análisis de correlación de Pearson. *Larrea tridentata* presentó 37 % de germinación en xerosol y vertisol, *Condalia warnockii* y *Flourencia cernua* presentaron el mayor porcentaje de germinación de 24% y 34% en sustrato xerosol. Se observó correlación positiva entre el porcentaje y velocidad de germinación para *Larrea tridentata* ($r=0.92$), *Condalia warnockii* ($r=0.71$) y *Flourencia cernua* ($r=0.58$).

Palabras clave: matorral desértico micrófilo, Noreste de México, *Larrea tridentata*, *Condalia warnockii*, *Flourencia cernua* germinación.

Introducción

El matorral xerófilo es el tipo de vegetación mejor representado en el norte de México (Rzedowski, 2006). En algunas entidades del norte ocupa las mayores coberturas vegetales, es el caso del estado de Nuevo León, con 54.6 % de la superficie (Palacio *et al.*, 2000). Este tipo vegetal está representado por comunidades como matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo (Medrano, 2004).

La región sur del Estado de Nuevo León cuenta con una superficie de 1'056,046 ha perteneciente a vegetación de zonas áridas, entre los que destaca el matorral desértico micrófilo, considerado de gran importancia en el papel que desempeña como fuente de hábitat y refugio para gran cantidad de especies animales y por la provisión de productos maderables y no maderables.

El matorral desértico micrófilo agrupa las comunidades en que las plantas que imprimen el carácter fisonómico a la vegetación corresponden a elementos arbustivos de hoja pequeña, que incluyen casi siempre a *Larrea tridentata* y *Flourenxia cernua* (Rzedowski, 2006). Estas agrupaciones son las que ocupan la mayor parte de la extensión de las regiones áridas de México.

Sin embargo, en la actualidad las zonas áridas del Sur de Nuevo León se encuentran perturbadas, siendo el municipio de Galeana con 115,578.94 ha, la superficie con mayor deterioro principalmente debido al cambio de uso de suelo, ya que están siendo erradicados y transformados en campos de cultivo de papa y alfalfa (UFNL, 2012). Para la recuperación de la vegetación nativa de estas áreas, tras ser abandonadas después del cultivo, se requieren estrategias que eviten la alteración extensiva del suelo, como medidas a corto plazo (Estrada *et al.* 2010).

Una estrategia de restauración, pudiera ser la revegetación del área con plantas nativas, ya sea mediante siembra directa o plantaciones, para lo cual es necesario conocer los requisitos de germinación y establecimiento de tales especies (Contreras, 2012).

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables (Justice 1972, ISTA 1976).

Para lograr esto las plantas poseen diversos mecanismos que les permiten detectar cambios ambientales y determinar si los elementos básicos pueden influir en su respuesta germinativa. Uno de los mecanismos más importantes de supervivencia de las plantas desérticas es la velocidad de germinación, la cual se ve afectada por el fotoblastismo, es decir, la influencia de la luz, así como el sustrato factor decisivo para el desarrollo y crecimiento de plántulas de las zonas áridas y semiáridas que debido a la continuidad e intensidad de los cultivo durante años ha provocado que el elemento suelos esté enormemente degradado y tenga que adoptarse soluciones alternativas (Guterman, 1993; Sáez, 1999).

Los esfuerzos de restauración de ecosistemas deteriorados parecen cada día más importantes en México, lo que ha propiciado la necesidad de estudiar el comportamiento de la germinación de las semillas y favorecer su producción para utilizarlas en programas que restauración de las zonas áridas. El objetivo del estudio fue determinar el efecto del sustrato y la luz en la germinación de semillas de *Larrea tridentata* (Gobernadora), *Condalia warnockii* (Mora) y *Flourenzia cernua* (Hojasén). La hipótesis fue que el sustrato xerosol y la ausencia de luz aumentan la germinación de las semillas.

Materiales y Métodos

El estudio incluyó las especies *Larrea tridentata*, *Flourenzia cernua* y *Condalia warnockii*, por ser las que presentaron un alto valor de importancia ecológica y mayor uso por los habitantes en el área de estudio. A las semillas de las especies en muestras del estudio se establecieron bajo un diseño experimental de arreglo factorial y se aplicaron las Normas ISTA. La colecta de semillas de especies nativas se inició durante los meses de abril a junio del 2017 en los puntos de muestreo ya mencionados. Una vez colectadas las semillas en bolsas de papel, se llevaron a laboratorio manteniéndose a temperatura ambiente para que se eliminara la humedad presente, se retiraron las impurezas de vegetación y se almacenaron en frascos de plástico debidamente identificados y sellados para evitar contaminaciones con otras semillas y microorganismos.

Para la limpieza, se utilizaron tamices de distintas medidas, así como pinzas de disección para evitar el manejo de las semillas con las manos. Para escarificar, se utilizó tamiz y lija y se observó continuamente el desgaste hecho a la testa de las semillas a través del estereoscopio.

Se determinó la viabilidad de las semillas mediante la prueba de tetrazolio al 3% al exponer el embrión a la solución de tinción (0.5% cloruro 2,3,5 trifenil-2H tetrazolio) durante 24 h en cajas Petri, que se colocaron dentro de bolsas de papel para limitar la exposición a la luz (Hartmann y Kester, 1982). Cada semilla se diseccionó y los embriones se observaron con un microscopio estereoscópico Zeiss, registrándose el número de embriones teñidos.

La prueba de tetrazolio interactúa con los procesos de reducción y oxidación de las células vivas en la semilla, cambiando de color las formas hidrogenadas, lo que hace posible distinguir las partes vivas (coloreadas) de aquellas muertas (Poulsen et al., 2006). Se seleccionaron 100 semillas viables para evaluar su germinación por 30 días, considerando germinadas las semillas cuando presentaban emergencia de la radícula (Hartmann y Kester, 1982). El diseño experimental fue de un arreglo factorial 4

(sustratos) x 2 (con presencia o ausencia de luz), ocho tratamientos y cuatro repeticiones a cada nivel de factor. En cada repetición se utilizó una unidad experimental de 100 semillas (400 semillas por tratamiento).

El primer factor evaluado fue el sustrato y el segundo factor fue influencia de la luz. Los ocho tratamientos fueron los siguientes: suelo de tipo xerosol sometido a condiciones de oscuridad (XO), suelo de tipo vertisol + perlita + peat moss sometido a condiciones de oscuridad (VPPO), tierra de hoja bajo condiciones de oscuridad (THO), sustrato orgánico en condiciones de oscuridad (SOO), suelo de tipo xerosol sometido a condiciones de luz (XL), suelo de tipo vertisol + perlita + peat moss sometido a condiciones de luz (VPPL), tierra de hoja bajo condiciones de luz (THL), sustrato orgánico en condiciones de luz (SOL). Las semillas se establecieron en el laboratorio de acuerdo a los procedimientos establecidos por Stanley y Butler (1961) a temperatura de 20°C y la humedad se mantuvo constante embebiendo las semillas en agua potable mediante riego diario. Para los tratamientos bajo oscuridad los contenedores se almacenaron en una caja para evitar el paso de luz solar. Esta prueba duró 30 días durante el mes de julio, considerando según lo propuesto por Hartmann y Kester (1982) germinadas las semillas cuando presentaban emergencia de la radícula.

A partir del número de semillas germinadas en cada tratamiento se calcularon los índices de germinación de acuerdo con Maguire, 1962, y según el método propuesto por Scott et al. (1984).

Porcentaje de germinación: porcentaje de germinación total al finalizar el ensayo.

$$PG = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde:

n: número de semillas germinadas

N: total de semillas sembradas

Velocidad de germinación: Relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación.

$$M = \sum \frac{n_i}{t}$$

Donde:

n_i : número de semillas germinadas en el día

t_i : número de días después de la siembra

Índice de germinación: Capacidad y tiempo de germinación en relación el total de semillas sembradas.

$$IG = \sum \frac{n_{it_i}}{N}$$

Donde:

n_i : número de semillas germinadas en el día

t_i : número de días después de la siembra

N : total de semillas sembradas

Germinación media (G50): Relación entre el porcentaje final de germinación y el número de días de duración del ensayo.

Donde:

PG : Porcentaje de germinación total al finalizar el ensayo.

T : Número de días de duración del ensayo.

$$GM = \frac{PG}{T}$$

Los resultados se analizaron con ANDEVA con el software estadístico SPSS versión 20.0 para evaluar el efecto de las variables relacionadas con la respuesta de germinación.

Resultados y Discusión

Las tres especies evaluadas en el período de estudio, en su conjunto germinaron, se obtuvo en promedio de los ocho tratamientos 37% de germinación para *L. tridentata*, 27% para *F. cernua* y 19% para *Condalia warnockii*, los resultados por tratamiento muestran que el mejor porcentaje de germinación de 85% se presentó en la especie *L. tridentata* en el sustrato de tipo xerosol y condiciones de oscuridad (Figura 5).

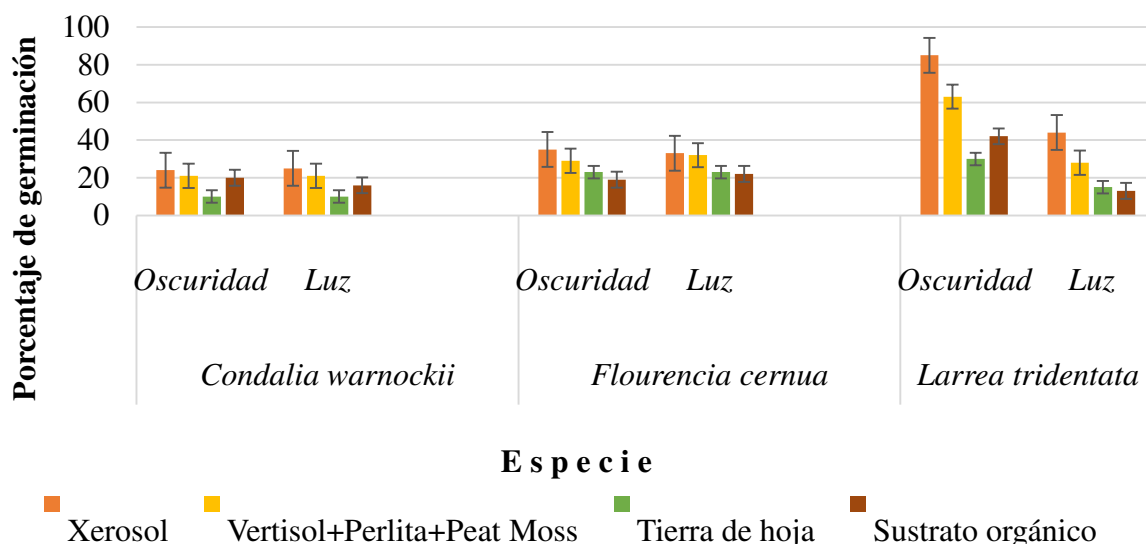


Figura 5. Porcentaje de germinación final (\pm E.S.) de semillas de *C. warnockii*, *F. cernua* y *L. tridentata* en los ocho tratamientos.

La germinación de las semillas inició al segundo día desde la siembra, bajo el suelo xerosol mientras que en los tres tipos de sustratos inició posteriormente. Los días en que se muestra una mejor respuesta germinativa en la mayoría de los tratamientos son a partir del día 10 a 18. La respuesta germinativa por especie de los diferentes tratamientos, en los 30 días que duró el experimento (Figuras 9 a 14).

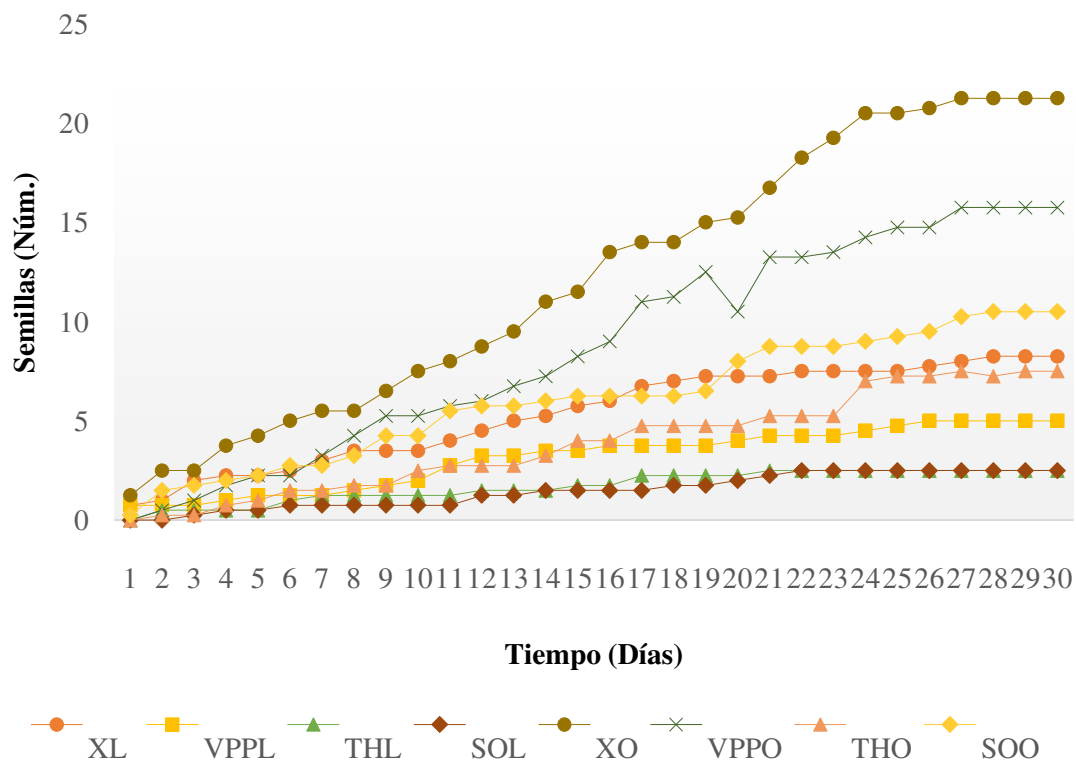


Figura 6. Respuesta germinativa de *Larrea tridentata*.

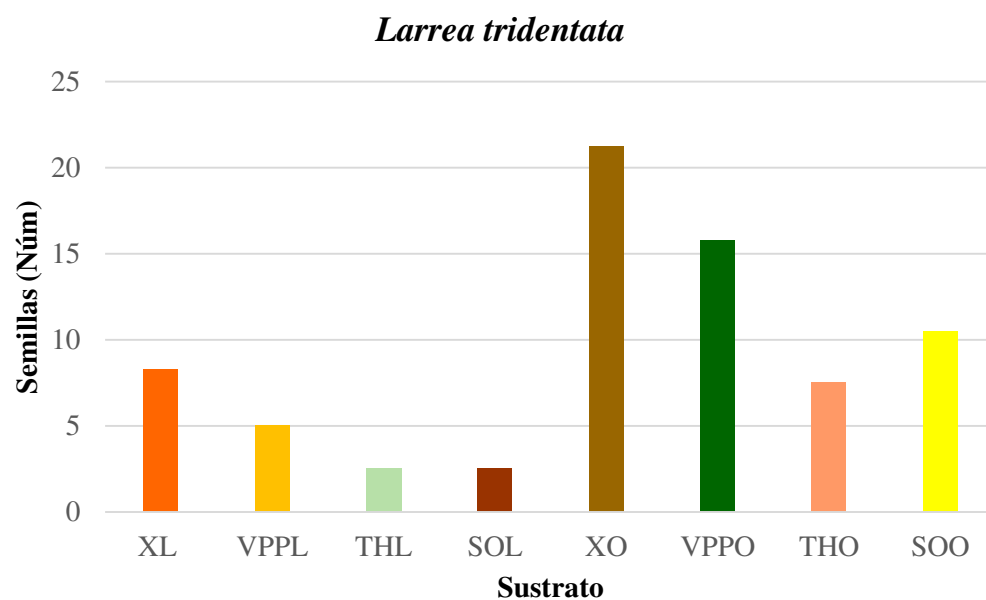
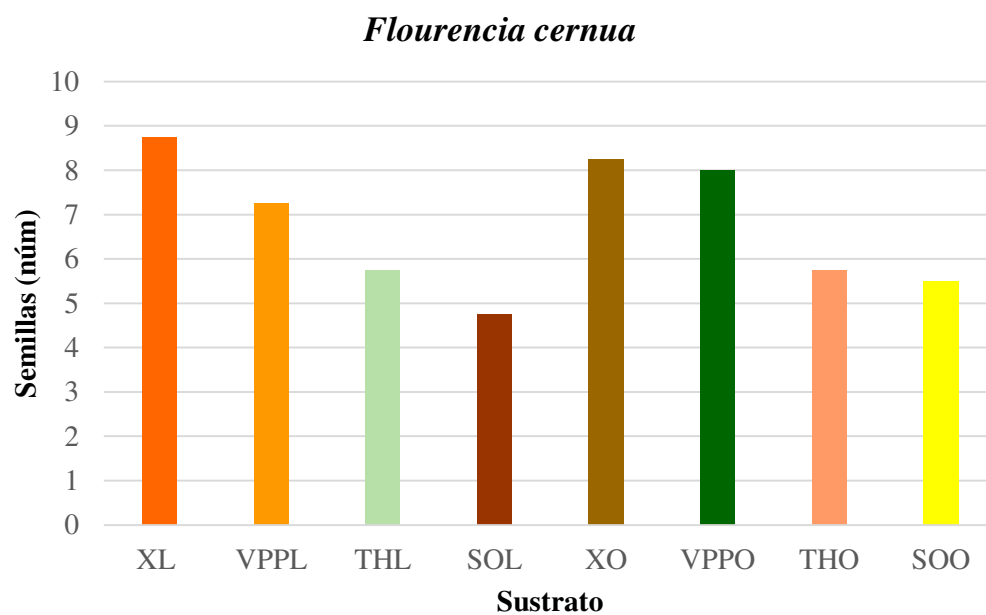
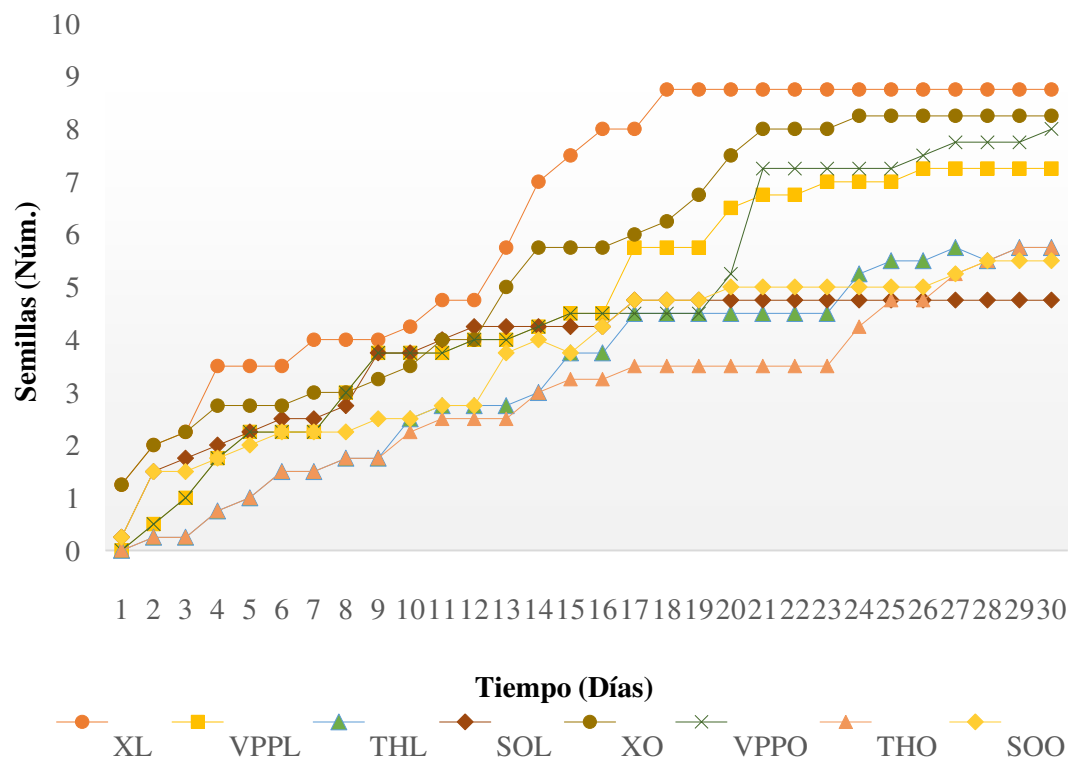


Figura 7. Total de semillas germinadas por tratamiento de *Larrea tridentata*.



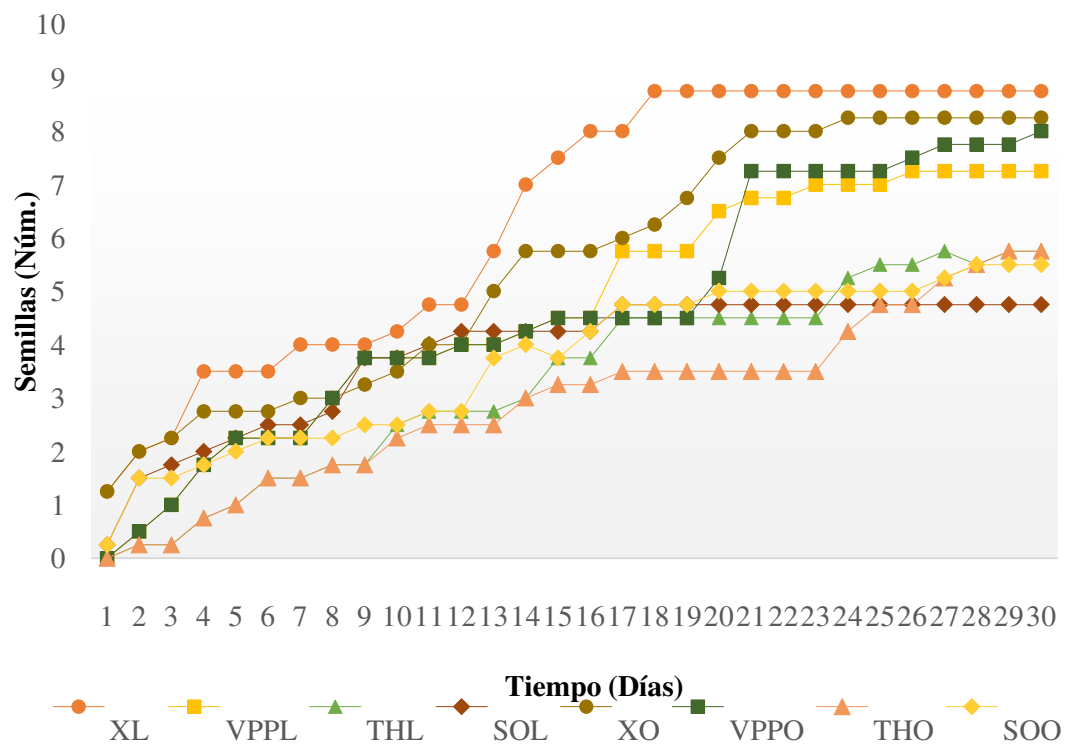


Figura 10. Respuesta germinativa de *Condalia warnockii*.

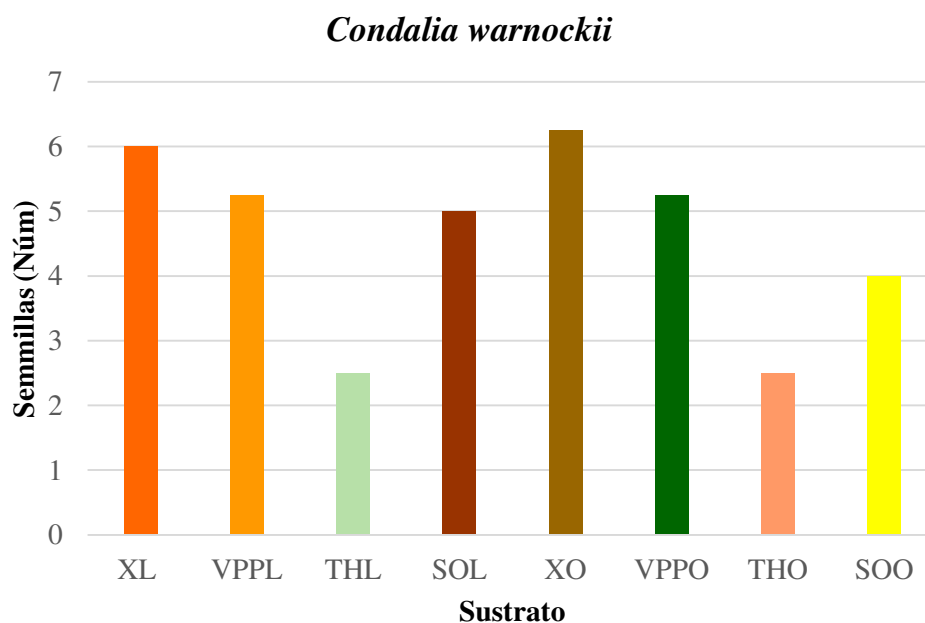


Figura 11. Total de semillas germinadas por tratamiento de *Condalia warnockii*.

Para el factor sustrato se registra que las especies *C. warnockii* y *F. cernua* presentaron el valor de germinación más temprano en días y más alto en porcentaje en el tratamiento de sustrato xerosol y la especie *L. tridentata* lo registra en el sustrato xerosol y vertisol lo cual se confirma mediante el análisis de varianza que muestra la diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para el factor sustrato en *L. tridentata* ($F= 33.53$, $P=0.00$ *) (Tabla 5).

Los tratamientos a los que fueron sometidos las semillas bajo los diferentes sustratos están indicados como: XO=Xerosol sin luz; VPPO= Vertisol+Perlita+Peat Moss sin luz; THO= Tierra de hoja sin luz; SOO= Sustrato orgánico sin luz; XL=Xerosol con luz; VPPL= Vertisol+Perlita+Peat Moss con luz; THL= Tierra de hoja con luz; SOL= Sustrato orgánico con luz.

Tabla 8. Valores de los índices de germinación para los diferentes tratamientos, donde el valor de S representa la desviación estándar.

<i>C. warnockii</i>										
	XO	VPPO	THO	SOO	S	XL	VPPL	THL	SOL	S
PG	24.00	21.00	10.00	20.00	6.08	25.00	21.00	11.00	17.00	5.97
M	1.93	2.23	0.40	1.77	0.81	2.57	2.33	1.50	1.20	0.65
IG	9.67	13.40	6.00	10.60	3.05	0.19	0.18	0.11	0.09	0.05
G	0.80	0.70	0.33	0.67	0.20	0.83	0.70	0.36	0.56	0.20
<i>L. tridentata</i>										
	XO	VPPO	THO	SOO	S	XL	VPPL	THL	SOL	S
PG	85.00	63.00	30.00	42.00	24.20	44.00	28.00	15.00	13.00	14.30
M	0.71	0.54	0.26	0.37	0.19	0.53	0.16	0.08	0.09	0.21
IG	0.70	0.58	0.00	0.00	0.37	0.74	0.14	0.09	0.10	0.32
G	2.83	2.10	1.00	1.40	0.81	1.47	0.93	2.0	0.43	0.68
<i>F. cernua</i>										
	XO	VPPO	THO	SOO	S	XL	VPPL	THL	SOL	S
PG	35	29	23	19	7.00	33	32	23	22	5.80

M	2.73	2.5	2.6	1.2	0.71	0	0	0	0	0.00
IG	0.21	0.19	0.19	0.09	0.05	0.17	0.27	0.23	0.18	0.05
G	1.16	10.96	0.76	0.63	5.06	1.10	1.06	0.76	0.73	0.19

La mayoría de las semillas germinaron con estímulos luminosos y cierta porción lo hace en la oscuridad (Patiño et al., 1983). Las semillas que responden a un estímulo luminoso se denominan fotoblásticas. Los resultados muestran que la presencia de luz no es un factor que afecte la capacidad germinativa de las semillas de *Condalia warnockii* y *Flourenzia cernua* sin embargo para la especie *Larrea tridentata* si influye significativamente ($F= 110.33$, $P=0.00$ *), registrándose un mayor número de semillas germinadas en ausencia de luz (oscuridad). Datos similares reportan Barbour (1968), Cortes (1997) y Dalton (1961), donde la ausencia de luz ejerce la mayor influencia en la tasa de germinación (Tabla 5, $F= 246.41$, $P=0.05$ *).

Tabla 9. Resultados del ANOVA de la influencia de cada factor por especie.

NS significativo; ** altamente significativo ($p<0.5$).

Especie	Factor	F	P
<i>C. warnockii</i>	Luz	2.45NS	0.11
	Sustrato	35.90	0.00*
<i>F. cernua</i>	Luz	1.86NS	0.17
	Sustrato	21.12	0.00*
<i>L. tridentata</i>	Luz	110.33**	0.00 *
	Sustrato	33.53**	0.00 *

De acuerdo a Venable y Lawlor (1980), las semillas de especies anuales tienen germinación más baja que las especies perennes. En este caso, las tres especies que

germinaron son perennes y, sin embargo, presentan valores contrastantes de germinación.

Existe una correlación positiva entre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas de las tres especies (Tabla 6; Figura 12), lo anterior contrasta con lo expuesto por Westoby *et al.*, (1992), quienes mencionan que una alta germinación tiende está asociada con una media y lenta velocidad de germinación pero concuerda con Contreras (2012) quien señaló que la alta germinación se asocia a la rápida velocidad de germinación, mientras que la baja germinación presenta velocidades medias y lentas de germinación.

Tabla 10. Correlación entre el porcentaje y velocidad de germinación.

	<i>Condalia warnockii</i>		<i>Flourenzia cernua</i>		<i>Larrea tridentata</i>
r=	0.84	r=	0.13	r=	0.96
r²=	0.71	r²=	0.01	r²=	0.91

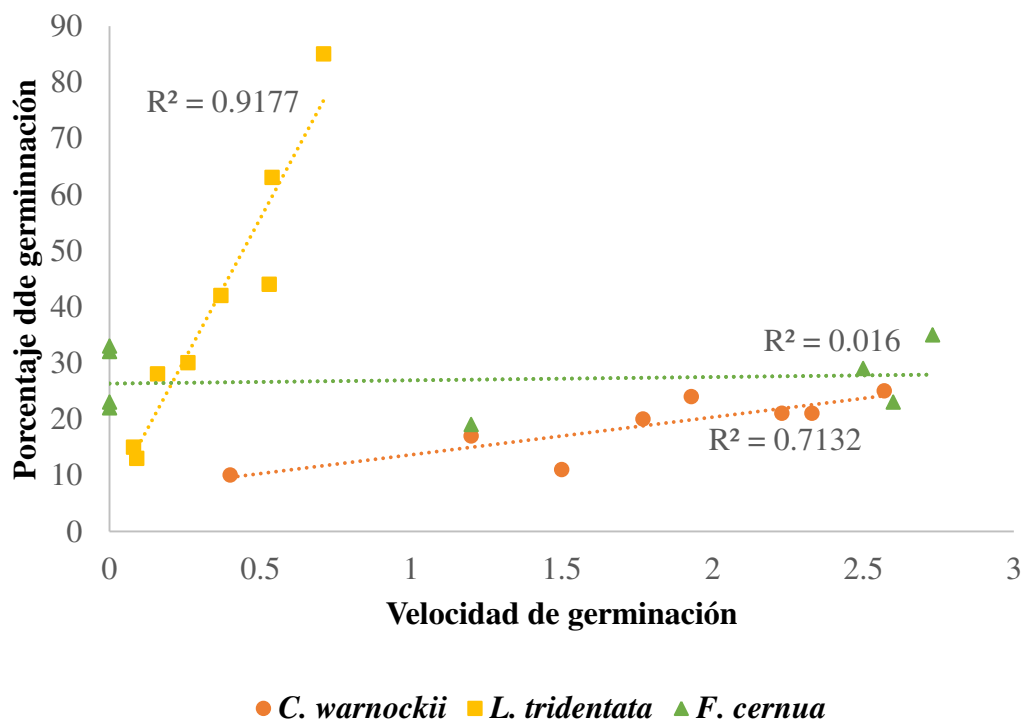


Figura 12.- Relación entre el porcentaje y velocidad de germinación.

Los cuatro tratamientos presentan buenos resultados del índice de germinación en relación al tiempo y con relación al factor luz-oscuridad sólo la especie *C. warnockii* presenta diferencia significativa ($p=0.01$, Tabla 11).

Tabla 11. Efecto de la luz en el índice de germinación por especie.

Especie	Factor	F	P
<i>C. warnockii</i>	Luz	20.94**	0.01
<i>F. cernua</i>	Luz	0.18NS	0.68
<i>L. tridentata</i>	Luz	2.73NS	0.17

NS= no significativo; ** Altamente significativo ($p < 0.05$).

Las plantas que poseen distintas formas de vida y que crecen en distintos ambientes pueden diferir en forma marcada en relación al patrón de asignación de recursos entre las distintas estructuras y funciones dentro de la planta, existe consenso en que estos patrones representan adaptaciones que aumentan la habilidad de las plantas (Mc Dowell, 2008). De ahí que uno de los recursos de interés para su evaluación fuera el tipo de sustrato, algunos autores como Hartmann y Kester (2002), mencionan que en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época de siembra, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato, de ahí la importancia la elección del sustrato para las especies de estudio. Los resultados del sustrato sobre los requerimientos para la germinación reflejaron que el tipo de sustrato influyen significativamente en la velocidad de germinación *L. tridentata*, mientras que para *F. cernua* y *C. warnockii* no son factores determinantes.

Aunque no existe un patrón claro de germinación con diferentes espectros de luz, se puede mencionar que las especies *C. warnockii* y *F. cernua* necesita luz directa para germinar mientras que *L. tridentata* requiere condiciones de oscuridad para un aumento

en su germinación, por lo que se considera que las semillas son fotoblásticas, es decir que la germinación responde a un estímulo luminoso, Piedrahita (1977) menciona que si la luz estimula la germinación (fotoblastismo positivo), pero si es inhibida en presencia de la luz fotoblastismo negativo.

Las especies vegetales sufren la presión del ambiente biótico y abiótico en cada una de las diferentes fases de su ciclo de vida (Harper, 1977). Los resultados obtenidos nos permiten conocer el papel que juegan los elementos básicos como sustrato y luz y como pueden influir en la respuesta germinativa de las especies de las zonas áridas y semiáridas y nos ayuda a generar modelos predictivos de la respuesta de la vegetación frente a cambios en el clima y uso del suelo.

Capítulo III. Respuesta al estrés hídrico de tres especies arbustivas del Matorral Desértico Micrófilo:

Resumen

El déficit hídrico es un factor limitante para la vegetación del noreste de México, el presente trabajo se enfocó a estudiar de manera estacional el potencial hídrico del xilema, en tres especies nativas del matorral desértico micrófilo: *Condalia warnockii*, *Flourensia cernua* y *Larrea tridentata*. El estudio se realizó bajo condiciones de campo en la comunidad vegetal denominada Matorral Desértico Micrófilo. El potencial xilemático al preamanecer como al mediodía se determinó a intervalos de 15 días entre Junio a Noviembre del 2018. Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las especies en el potencial hídrico tanto al pre-amanecer como al mediodía. Durante el periodo de investigación, en general el potencial hídrico del xilema al pre-amanecer osciló de -1.13 MPa a -4.27 MPa (*C. warnockii*) mientras que al mediodía fluctuó de -1.46 MPa (*L. tridentata*) a -3.75 MPa (*C. warnockii*). Respecto al contenido de humedad del suelo para la profundidad 0-10 cm más seca registrada fue del 4 de Noviembre de 0.001 kg kg⁻¹, lo cual se corrobora con el potencial hídrico al preamanecer (valores de -2.64, -3.10 y -3.24 MPa) y el potencial hídrico al mediodía (valores de -3.04, -3.34 y -3.56 MPa, respectivamente). Lo que muestra que las especies *F. cernua* y *L. tridentata* tienden a evitar la deshidratación a bajos contenidos de humedad, mientras que la especie *C. warnockii*, parecer ser más susceptible a los cambios de humedad en el suelo.

Introducción

El agua es el componente predominante de los organismos y por tal razón, interviene en la regulación de los procesos biológicos. Es importante para las plantas por el papel crucial que cumple en los procesos fisiológicos y por la gran cantidad que requieren (Steudle, 2000; Andreev, 2001). El agua comprende del 80 al 90% de la biomasa de tejidos vegetales. Está presente en varias formas: como constituyente del protoplasma, como agua de hidratación asociada con iones, disolviendo sustancias orgánicas y macromoléculas, llenando espacios entre estructuras finas del protoplasma y la pared celular almacenada en las vacuolas y finalmente como agua intersticial, que actúa como medio transportador en los espacios intercelulares y en los tejidos de conducción del xilema y el floema (Larcher, 2003; Zyalalov, 2004).

A nivel de la planta, el agua es el medio que transporta carbohidratos, nutrientes y fitohormonas indispensables para el metabolismo vegetal. En condiciones de alta concentración de solutos, las células ejercen presión de turgencia contra las paredes celulares, lo que soporta el crecimiento celular. Cuando las células pierden turgencia, no llevan a cabo el alargamiento y expansión y si esto ocurre por periodos largos de tiempo la planta se deshidrata y muere (Zyalalov, 2004).

El uso eficiente de agua por las plantas terrestres favorece el balance energético de la hoja, ya que el agua evaporada desde las células del mesófilo enfría las superficies foliares. El flujo del proceso de transpiración también favorece el transporte de nutrientes inorgánicos procedentes del suelo y el transporte de solutos orgánicos, aminoácidos y fitohormonas desde la raíz a las hojas, aunque se destaca que el transporte por el xilema también ocurre en ausencia de transpiración (Steudle, 2000; Larcher, 2003; Zyalalov, 2004).

Las plantas están continuamente expuestas a estímulos ambientales que influyen en su desarrollo y crecimiento y determinan su productividad, considerando la disponibilidad hídrica como el principal factor que afecta la actividad de las plantas en ecosistemas áridos y semiáridos (Di Castri et al., 1981; Blondel y Aaronson, 1999).

A medida que el contenido de humedad decrece, el déficit hídrico se incrementa a tal grado que afecta los procesos fisiológicos y la planta entra en un estrés hídrico. A nivel fisiológico y celular tal como ha sido planteado por Salisbury y Ross (1994), el crecimiento celular depende de la absorción del agua por las células, el cual es uno de los procesos que se ven afectados por el estrés hídrico, lo que conlleva a una reducción en el rendimiento vegetal, como la fotosíntesis, síntesis de proteínas y paredes celulares.

Ante tales situaciones de estrés hídrico las plantas muestran respuestas que tienden a evitarlo o bien mecanismos o adaptaciones que permiten tolerarlo y ambas estrategias coexisten en cualquier tipo de sistemas. El estudio de las respuestas de las plantas al estrés permite conocer como éstas funcionan en sus ambientes naturales y cuáles son los patrones que determinan su distribución, supervivencia y crecimiento (Kramer y Boyer, 1995; Lambers et al., 1998; Ackerly et al., 2002).

Material y Métodos

Las relaciones hídricas de las plantas tienen una base físico química sólida, dado que el estado hídrico se puede describir cuantitativamente mediante la medición del potencial hídrico. Entre más hidratado este el tejido vegetal, más alto es su valor y se acerca a cero. Los valores del potencial hídrico son negativos y se reportan en unidades de presión (Megapascal, MPa). La instrumentación utilizada para la medida del potencial hídrico es: a) Psicrometría (psicrómetros de termopares) y b) Bomba de presión tipo “Scholander” (Valladares et al., 2004).

Medición del potencial hídrico del xilema (Ψ)

La determinación de los potenciales hídricos del xilema para las tres especies, se realizó a intervalos de quince días del 1 de Junio al 15 de noviembre; 2018. En cada fecha de muestreo, se tomaron ramillas terminales de cinco individuos (repeticiones), representativos y permanentemente etiquetados por especie. Fueron seleccionados aleatoriamente dentro de la parcela experimental; misma de donde se tomaron ramillas terminales para realizar mediciones a las 06:00 hrs (pre-amanecer) y 14:00 hrs (mediodía).

Esta evaluación hídrica se realizó midiendo la tensión del agua en el xilema de acuerdo con el procedimiento propuesto por Taiz y Zeiger, (1991), el cual es aproximadamente al potencial hídrico foliar (Ψ), usando la cámara de presión Scholander (Modelo 3005, Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbará, CA, EE.UU.) con un umbral de medición de 6.5 MPa y usando gas nitrógeno (N₂) como fuente de presurización (Richie y Hinckley, 1975).

Variables ambientales

Variables ambientales tales como: temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) se obtuvieron a partir del mes de Enero del 2018 meses antes del periodo de estudio, de junio a noviembre del 2018, de la estación meteorológica de San José de Raíces, ubicada en el municipio de Galeana, por ser la más cercana al sitio de interés, derivado de los datos proporcionados por el Organismo de Cuenca de Rio Bravo

de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). El contenido gravimétrico de humedad del suelo (%; base seca) se obtuvo en cada fecha de muestreo, y se determinó en muestras extraídas a diferentes perfiles de profundidad (cm) siendo estas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50, utilizando una barreta de diseño “Veihmeyer” (Modelo 215, Soilmoisture Equipment Corp.). Este contenido se determinó mediante el secado de la muestra del suelo en una estufa de aire forzado a 105°C por 24 horas hasta alcanzar peso constante de acuerdo con la técnica propuesta por Taylor y Aschroft, (1972), considerando cuatro repeticiones por profundidad.

Caracterización física y química del suelo

Para llevar a cabo la caracterización de algunas propiedades físicas y químicas en el sitio de estudio, se realizó un muestreo el 3 de Junio del 2018, a dos profundidades (0-20 cm y 20-40). Se tomaron 3 muestras al azar dentro de la parcela experimental. La determinación de densidad aparente (DA; Mg m^{-3}) se realizó por el método gravimétrico utilizando cilindros metálicos de 98.7 cm^3 , en las tres paredes intactas del sitio en donde se obtuvo la muestra del suelo. Las muestras fueron corregidas por pedregosidad cuando fue necesario. Para el resto de los análisis físicos y químicos, las muestras de suelo fueron colocadas en bolsas de plástico etiquetadas y trasladadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Se colocaron las muestras al aire libre para secado, después se molieron con un mazo de madera y se tamizaron a 2 mm. El suelo fino extraído fue utilizado para determinar: pH, conductividad eléctrica (CE; $\mu\text{S cm}^{-1}$), materia orgánica (MO; %) y textura (g kg^{-1} suelo). Las propiedades físico química de suelos (Tabla 12) fueron analizados de acuerdo al manual de suelos descritos por Gee y Bauder, (1986); Woerner (1989); Blake y Hartge, (1986).

Para obtener el contenido de humedad en el suelo se hizo un muestreo cada fecha de muestreo durante el periodo experimental, se tomó a cinco profundidades y cuatro repeticiones para cada una; las muestras se pesaron para registrar su peso húmedo para posteriormente colocarlas en una estufa a 105°C durante 72 horas hasta alcanzar peso constante, para registrar su peso seco y realizar los cálculos pertinentes.

Tabla 12. Determinaciones analíticas y métodos utilizados en el análisis de suelo
(Fuente: Woerner, 1989).

Determinación	Método
Materia orgánica	Método de combustión y titulación según Walkley-Back (Woerner, 1989)
Reacción del suelo (pH)	Potenciómetro en suspensión sueloagua Relación 1:2:5 (p/v) (Woerner, 1989)
Conductividad eléctrica	Determinación en suspensión sueloagua Relación 1:5 (p/v) (Woerner, 1989)
Análisis granulométrico	Método de Hidrómetro Bouyoucos (Gee y Bauder, 1986)
Densidad aparente	Método del cilindro (Blake y Hartge, 1986)

Análisis estadísticos

Los datos de los potenciales hídricos al preamanecer (Ψ_{pd}) y del mediodía (Ψ_{md}) fueron sometidos a un análisis de Kruskal Wallis para comparar las diferencias de los potenciales hídricos (ψ) entre las especies, ya que no mostraron homogeneidad de varianzas ni distribución normal. Los datos del contenido gravimétrico de humedad en el suelo a diferentes perfiles de profundidad (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50 cm), se sometieron a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias fue mediante el procedimiento de Tukey $p < 0.05$ (Steel y Torrie, 1980).

Se realizó correlación de Spearman para valores del potencial hídrico xilemático estacional y diurno entre el Ψ_{pd} y Ψ_{md} de las diferentes especies nativas con relación a las variables ambientales (temperatura del aire, humedad relativa, precipitación y contenido gravimétrico de humedad en suelo). Los procedimientos estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS (por sus siglas en inglés Statistical Package for the Social Sciences, versión 22.0 para Windows. SPSS Inc., Chicado, IL, USA).

Resultados y Discusión

Ambiente Físico

Temperatura

El comportamiento de la temperatura que se presentó durante el periodo experimental en el sitio de estudio se muestra en la Figura 13. Las temperaturas máximas se presentaron de 49.0°C (Agosto) a 48.0°C (Mayo), las temperaturas mínimas extremas se presentaron desde 0°C a -5°C (Diciembre). La temperatura media mensual varió de 22°C (Diciembre-Enero) a 41°C (Mayo-Junio).

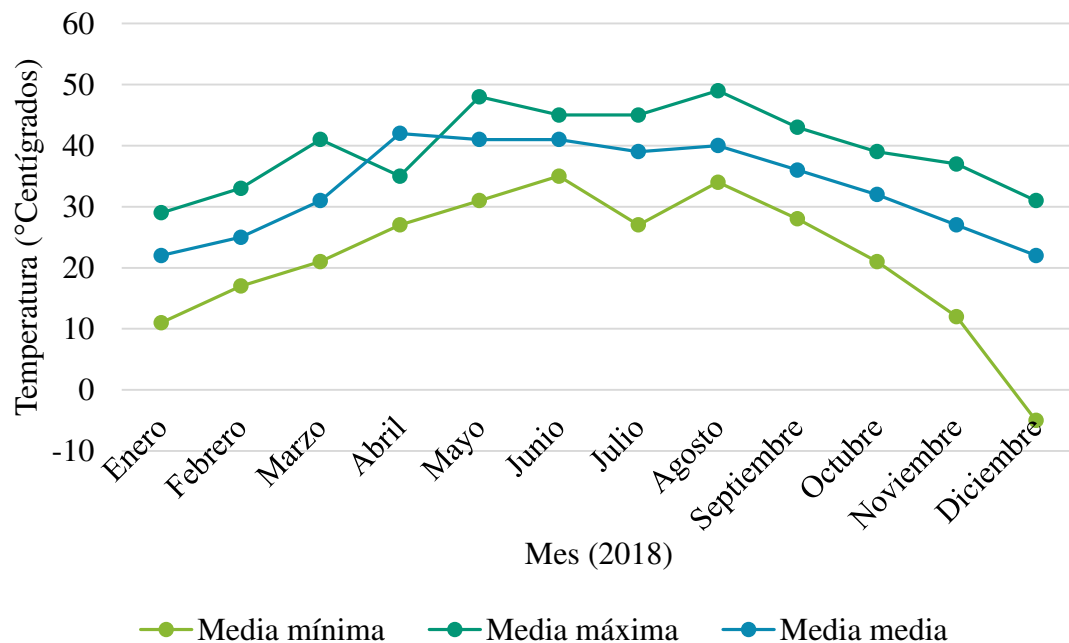
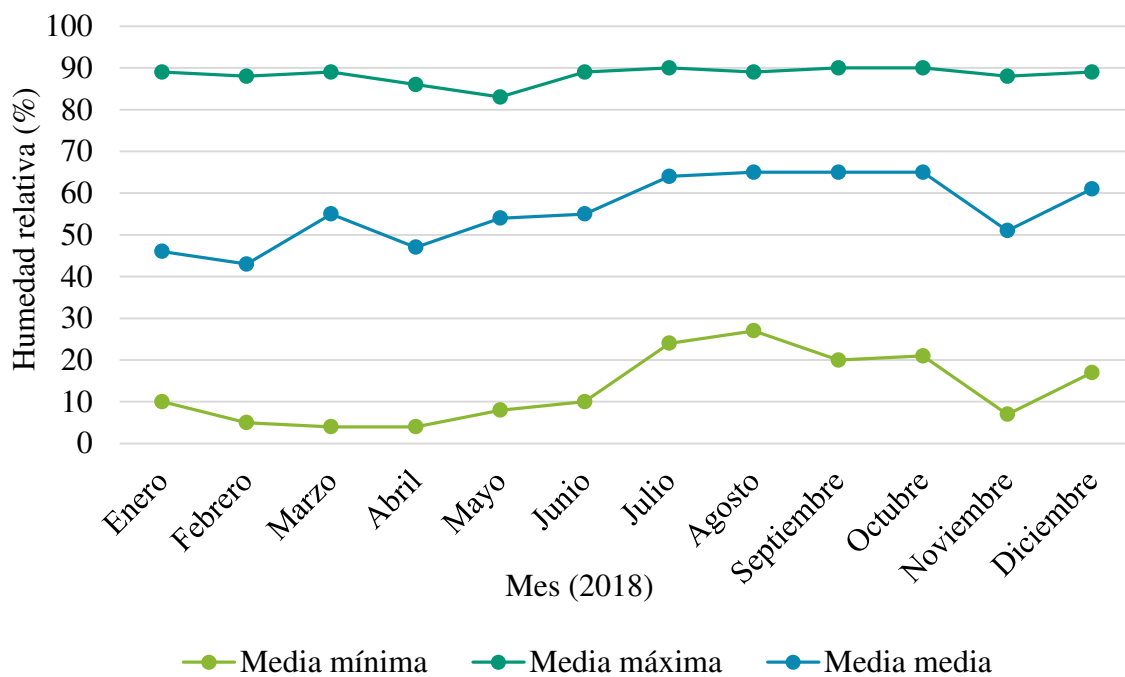


Figura 13.- Temperatura del aire, media mínima, media y media máxima registrada en el sitio de estudio.

Humedad relativa

En la relación a la humedad relativa registrada durante el periodo experimental (Figura 14). Los registros de humedad relativa máxima fueron de 83% (Mayo) a 90% (Octubre) durante todo el periodo de estudio, en relación a la humedad relativa mínima varió entre 4% (Marzo) a 27% (Agosto) y para la humedad relativa media fluctuó de 43% (Febrero) a 65% (Octubre).

Figura 14. Humedad relativa media mínima, media y media máxima registrada en el sitio de estudio.



Precipitación

Con respecto a la precipitación (Figura 15), se registró una lluvia acumulada de 279.8 mm durante el periodo de estudio. La mayor precipitación se observó en el mes de Julio (91.9 mm) representando el 32.83% del total de la precipitación registrada durante el periodo experimental. Por otro parte, la menor precipitación se registró durante el mes de Febrero (0.3 mm), correspondiente al 0.1% del total de la precipitación registrada en el periodo experimental.

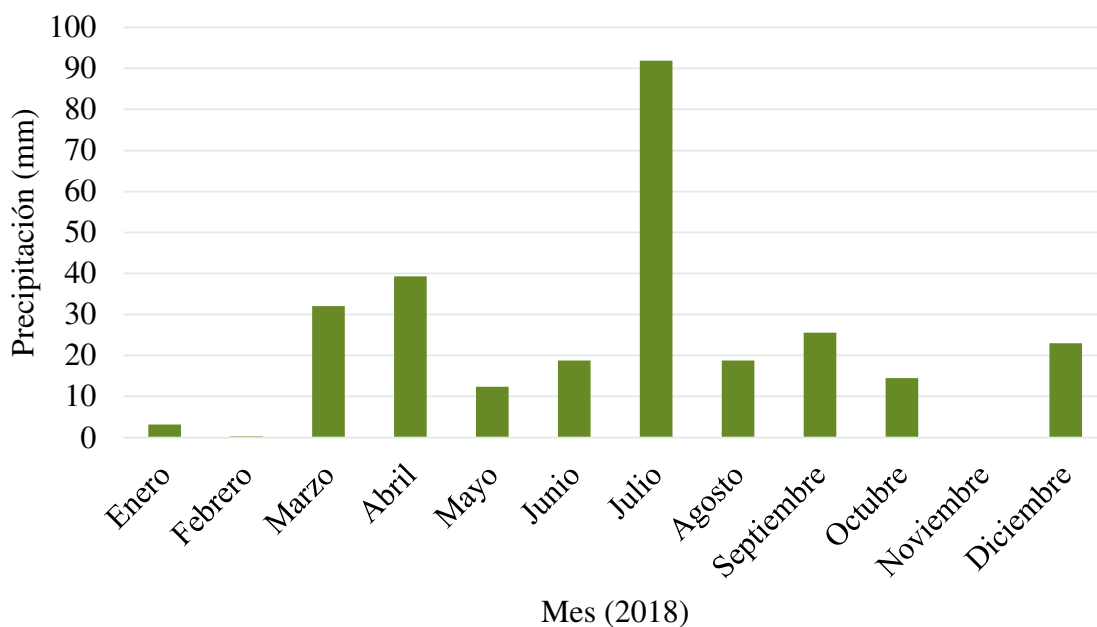


Figura 15. Precipitación mensual en milímetros registrada durante el ciclo experimental.

Caracterización físico-química del suelo

Los resultados obtenidos de la caracterización físico-química del suelo por profundidad para el sitio se ilustran en la Tabla 13.

Tabla 13. Propiedades físicas y químicas para el suelo del sitio de estudio.

Perfil de profundidad del suelo (cm)	Densidad aparente	Porcentaje			pH	Conductividad eléctrica ((μ S cm-1)	Materia orgánica (%)
		Arena	Limo	Arcilla			
0-30	0.9	250	180	240	8.04	2,641.5	2.73
30-60	1.5	120	180	140	8.24	2.396.0	1.08

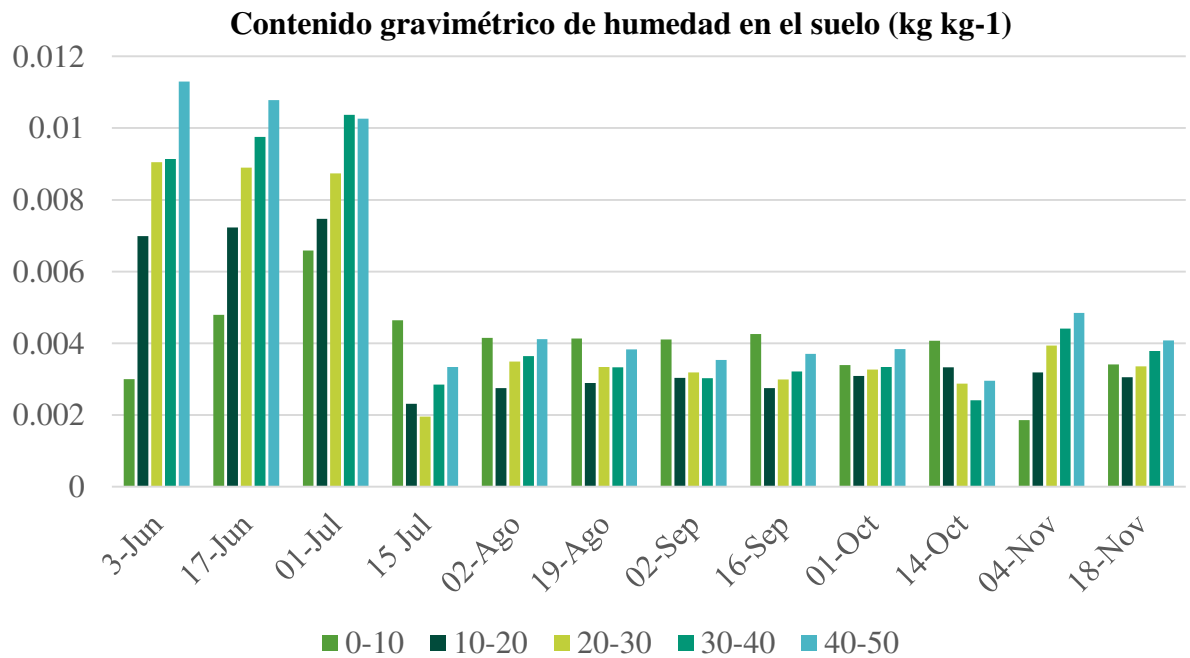
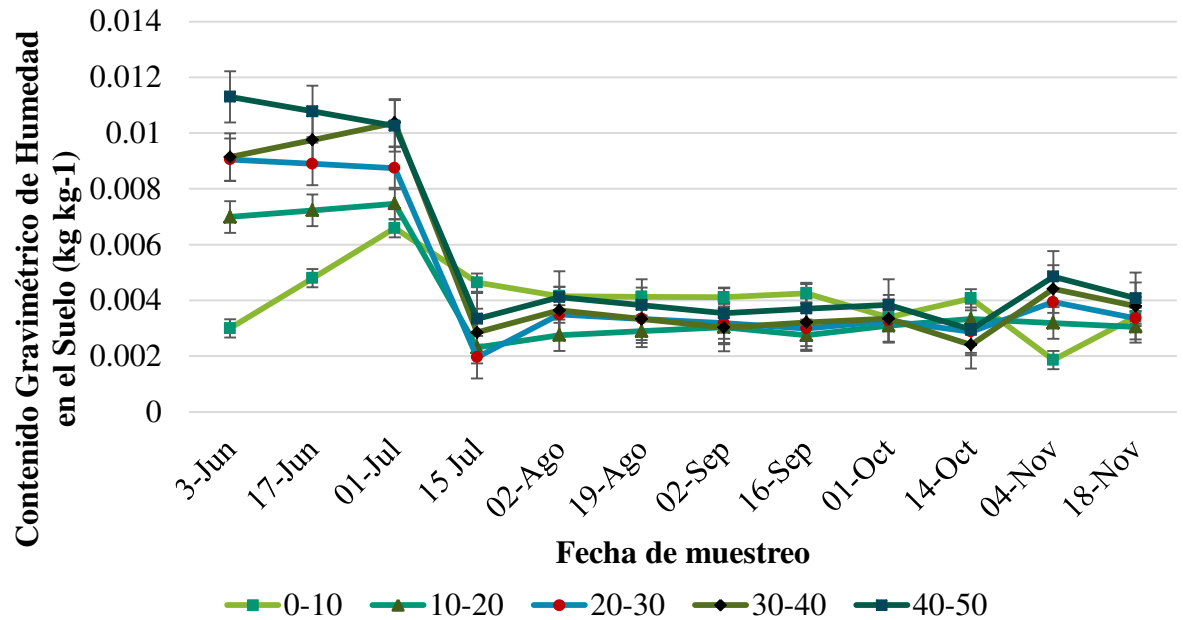
Contenido gravimétrico de humedad en el suelo

Para el contenido gravimétrico de humedad en el suelo (Tabla 14), se realizó un ANOVA y se aplicó la prueba de Tukey para los doce muestreos realizados (Jun-03, Jun-17, Jul-01, Jul-15, Ago-02, Ago-19, Sep-02, Sep-16, Oct-01, Oct-14, Nov-04 y Nov-18), de los cuales dos no mostraron diferencia significativa ($p>0.05$) el 2 de Agosto y 4 de Noviembre. El contenido gravimétrico de humedad en el suelo para los cinco perfiles de profundidad se ilustra en la (Figura 16). Los valores del contenido gravimétrico de humedad en el suelo a diferentes perfiles de profundidad, para las 12 fechas de muestreo, mostraron que el contenido máximo se registró en Jun 03 perfil 40-50 cm con 0.011 kg kg⁻¹, el contenido mínimo en Nov 04 perfil 0-10 cm con 0.001 kg kg⁻¹, se presentan en la Figura 16. Los resultados indican que los contenidos de humedad en el suelo variaron y obedecieron un patrón conforme a la incidencia o ausencia de precipitación.

Tabla 14. Cuadrado Medio del Error (CME), Valores F y P en clasificación para las 12 fechas de muestreo del contenido gravimétrico de la humedad en el suelo.

<i>Contenido de humedad del suelo</i>			
<i>Fecha de muestreo</i>	<i>CME</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor P</i>
<i>3-Jun</i>	0.00032	6.89	0.03
<i>17-Jun</i>	0.00042	14.68	0.01
<i>01-Jul</i>	0.00005	33.57	0.00
<i>15 Jul</i>	0.00004	5.37	0.05
<i>02-Ago</i>	0.00001	3.90	0.11
<i>19-Ago</i>	0.00001	5.60	0.05
<i>02-Sep</i>	0.00000	8.20	0.02
<i>16-Sep</i>	0.00000	5.89	0.04
<i>01-Oct</i>	0.00000	12.04	0.01
<i>14-Oct</i>	0.00003	9.81	0.01
<i>04-Nov</i>	0.00001	0.96	0.36
<i>18-Nov</i>	0.00000	6.07	0.04

Figura 16. Contenido gravimétrico de humedad del suelo a cinco profundidades (cm) en las diferentes fechas de muestreo en el ciclo de estudio. Cada valor graficado representa la media (n=4) + error estándar.



Relaciones Hídricas

Variación estacional del potencial hídrico xilemático

El desarrollo estacional del potencial hídrico al preamanecer (Ψ_{pd} ; 06:00 hrs) y al mediodía (Ψ_{md} ; 14:00) en las tres especies se muestra en la Figura 17. En relación a los análisis estadísticos de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se encontró en los 12 muestreos realizados, diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre las especies nativas; las cuales se indican, en las Tabla 15 y Tabla 16. Durante el periodo de investigación, en general el potencial hídrico del xilema al preamanecer osciló de -1.13 MPa a -4.27 MPa (*C. warnockii*) mientras que al mediodía fluctuó de -1.46 MPa (*L. tridentata*) a -3.75 MPa (*C. warnockii*). En las fechas de muestreo más húmedo, Julio a Octubre, los valores más altos en el Ψ_{pd} (-1.13 MPa, respectivamente) fueron registrados en *C. warnockii*, sin embargo *F. cernua* y *L. tridentata* también mantuvieron altos sus Ψ_{pd} (-1.26MPa y -1.36MPa). Por el contrario, en el período más seco de las fechas de muestreo (Junio y Noviembre, 2018), cuando las especies arbustivas enfrentaron un severo estrés hídrico, por no presentarse precipitación, altos valores de -2.4 MPa en el Ψ_{pd} se detectaron en *L. tridentata*, mientras que los valores más bajos en el Ψ_{pd} se observaron en -4.7 MPa *C. warnockii* y *F. cernua* -3.2 MPa, respectivamente, lo que sugiere que estas especies son más sensibles al déficit hídrico. Se puede inferir que la recuperación de los valores de inicio de respuesta en el Ψ_{pd} en las tres especies arbustivas para las fechas de muestreo de Julio a Octubre está relacionada principalmente con los eventos de precipitación.

Figura 17. Potencial hídrico xilemático en tres especies nativas obtenidos al preamanecer (a) y al mediodía (b) en las 12 fechas de muestreo. Cada valor graficado representa la media (n=5).

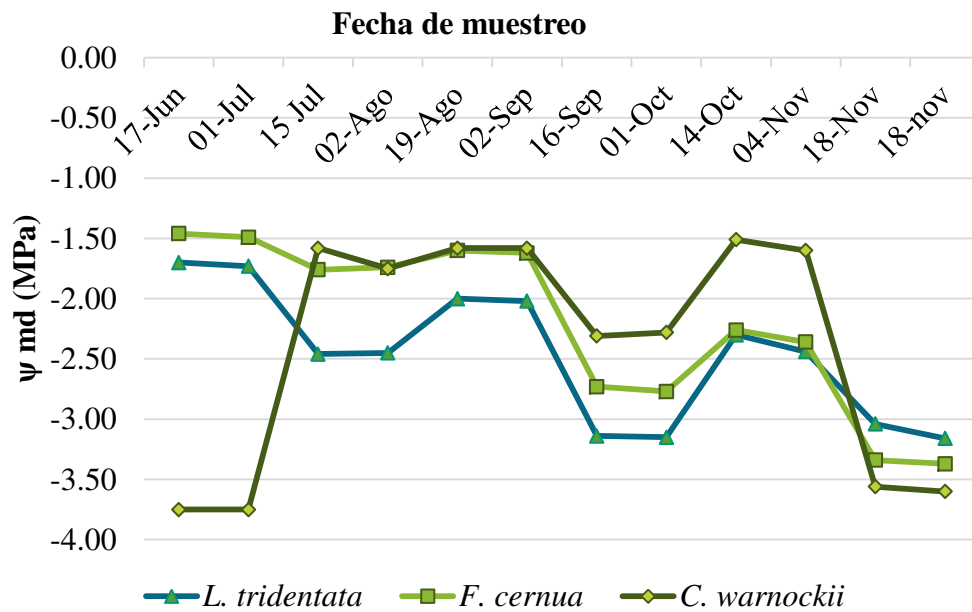
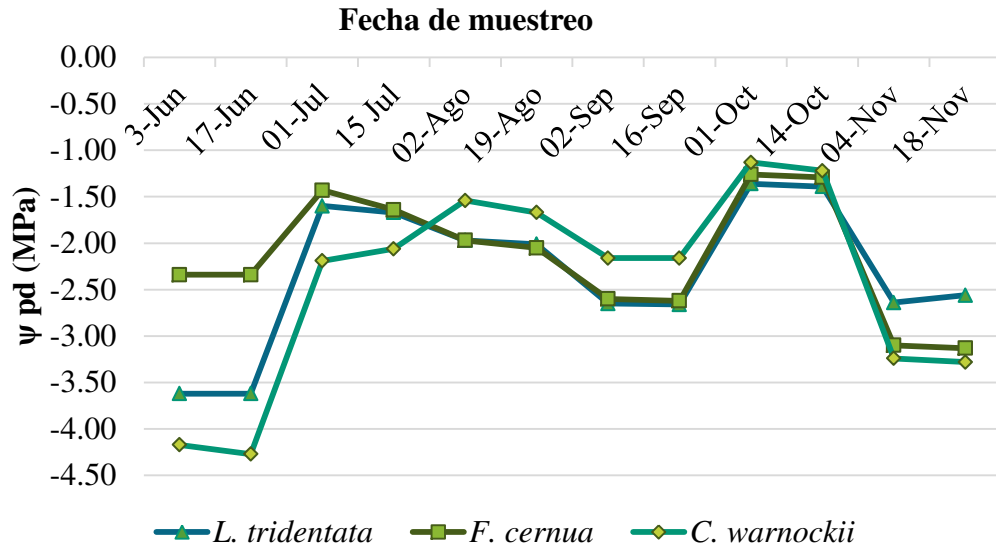


Tabla 15. Valores χ^2 y significancia de la prueba de Kruskal-Wallis y potencial hídrico del xilema al pre-amanecer (Ψ_{pd}) de las especies de plantas arbustivas, en cada fecha de muestreo.

<i>Fecha de muestreo</i>	<i>X²</i>	<i>Significancia</i>	<i>L. tridentata</i>	<i>F. cernua</i>	<i>C. warnockii</i>
03-jun	11.00	**	-3.62	-2.34	-4.17
17-jun	12.26	**	-3.62	-2.34	-4.27
01-jul	12.50	**	-1.60	-1.43	-2.19
15-jul	9.40	**	-1.67	-1.64	-2.06
02-ago	6.62	*	-1.97	-1.97	-1.54
19-ago	9.38	**	-2.01	-2.05	-1.67
02-sep	6.70	*	-2.65	-2.60	-2.16
16-sep	9.40	**	-2.66	-2.62	-2.16
01-oct	9.82	**	-1.36	-1.26	-1.13
14-oct	6.05	*	-1.39	-1.29	-1.22
04-nov	10.36	**	-2.64	-3.10	-3.24
18-nov	10.22	**	-2.56	-3.13	-3.28

Tabla 16. Valores de χ^2 y significancia de la prueba de Kruskal-Wallis y potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md}) de las especies de plantas arbustivas, en cada fecha de muestreo.

<i>Fecha de muestreo</i>	<i>χ^2</i>	<i>Significancia</i>	<i>L. tridentata</i>	<i>F. cernua</i>	<i>C. warnockii</i>
03-jun	12.02	**	-1.70	-1.46	-3.75
17-jun	12.50	**	-1.73	-1.49	-3.75
01-jul	12.02	**	-2.46	-1.76	-1.58
15-jul	9.42	**	-2.45	-1.74	-1.75
02-ago	9.56	**	-2.00	-1.60	-1.58
19-ago	9.98	**	-2.02	-1.62	-1.58
02-sep	12.50	**	-3.14	-2.73	-2.31
16-sep	12.50	**	-3.15	-2.77	-2.28
01-oct	9.88	**	-2.30	-2.26	-1.51
14-oct	9.78	**	-2.44	-2.36	-1.60
04-nov	11.29	**	-3.04	-3.34	-3.56
18-nov	11.52	**	-3.16	-3.37	-3.60

En la fecha de muestreo de mayor precipitación (Julio), cuando el Ψ_{md} fue el más alto y cuando el contenido de agua del suelo en la capa de suelo 0-50 cm fue superior al 16% (Tabla 17), los valores en el Ψ_{md} en las especies estudiadas tuvieron un promedio de -1.95 MPa; en cambio, en la fecha de muestreo de poca precipitación (Junio) la especie *C. warnockii* mostró potenciales hídricos -3.75 MPa al mediodía, con respecto a *F. cernua*, la cual alcanzó un máximo de -1.46 MPa y *L. tridentata* con un máximo de -1.70, mientras que en el mes de Noviembre, en ausencia de precipitación y cuando el contenido de agua en el suelo promedio fue de 7 %, las especies en promedio mostraron potenciales hídricos -3.35 MPa al mediodía (ver Tabla 17).

Parece ser que bajo condiciones de humedad en el ambiente *C. warnockii* y *F. cernua* son ejemplos de especies arbustivas que se han adaptado a la baja disponibilidad de agua del suelo, ya que tienden a mantener una hidratación de los tejidos, mientras que la adaptación de *L. tridentata* con el medio seco parece depender de las estrategias que les permitan hacer frente a la desecación interna y, en consecuencia, presentan valores más bajos en los potenciales hídricos (Gebrekirstos et al., 2006).

En las fechas de muestreo tales como 3 y 17 de Junio y 2 y 19 de Agosto, una respuesta inusual en el Ψ fue encontrada, sobre todo en las especies *F. cernua* y *C. warnockii*, resultando que el Ψ fue mayor a mediodía que al pre-amanecer. Es difícil especular si esta tendencia pueda reflejar un contenido enriquecedor de solutos en el xilema al momento del muestreo debido a la movilización del fluido citoplasmático de las células encaminado para reducir la pérdida de agua en condiciones de sequía severa. En este sentido, Donovan et al. (2003) documentó un desequilibrio entre el potencial hídrico del suelo al pre-amanecer y el del tejido vegetal (hojas y xilema) en diversas plantas mesófitas y xerófitas, y esto pudo ser debido a la acumulación apoplástica de solutos.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Spearman (n=12) para valores del potencial hídrico xilemático al preamanecer (Ψ_{pd}) y al mediodía (Ψ_{md}) en relación con el contenido gravimétrico de humedad en el suelo, temperatura del aire, humedad relativa y precipitación en tres especies nativas. Los análisis de correlación se realizaron de manera estacional.

Variable ambiental	<i>L. tridentata</i>	Especie <i>F. cernua</i>	<i>C. warnockii</i>
<i>Potencial hídrico al preamanecer (Ψ_{pd})</i>			
Temperatura del aire	-0.37 ns	0.12 ns	-0.12 ns
Humedad relativa	0.49 ns	0.560 ns	0.70 *
Precipitación	0.16 ns	0.36 ns	0.34 ns
<i>Contenido de humedad en el suelo</i>			
Profundidad de 0 a 10 cm	0.05 ns	0.25 ns	-0.03 ns
Profundidad de 10 a 20 cm	-0.08 ns	0.13 ns	-0.46 ns
Profundidad de 20 a 30 cm	-0.44 ns	-0.23 ns	-0.67 *
Profundidad de 30 a 4 cm	-0.33 ns	-0.21 ns	-0.68 *
Profundidad de 40 a 50 cm	-0.43 ns	-0.22 ns	-0.67 *
Total	-0.33 ns	-0.18 ns	-0.63 *
<i>Potencial hídrico al mediodía (Ψ_{md})</i>			
Temperatura del aire	-0.37 ns	0.12 ns	-0.12 ns
Humedad relativa	0.49 ns	0.560 ns	0.70 *
Precipitación	0.16 ns	0.36 ns	0.34 ns
<i>Contenido de humedad en el suelo</i>			
Profundidad de 0 a 10 cm	0.05 ns	0.25 ns	-0.03 ns
Profundidad de 10 a 20 cm	-0.08 ns	0.13 ns	-0.46 ns
Profundidad de 20 a 30 cm	-0.44 ns	-0.23 ns	-0.67 *
Profundidad de 30 a 4 cm	-0.33 ns	-0.21 ns	-0.68 *
Profundidad de 40 a 50 cm	-0.43 ns	-0.22 ns	-0.67 *
Total	-0.33 ns	-0.18 ns	-0.63 *

Los potenciales hídricos observados indican que las tres especies nativas estudiadas se encontraban sometidas a un fuerte estrés hídrico. El mayor estrés hídrico correspondió a los muestreos realizados del 15 de Julio al 14 de Octubre siendo el perfil 10-20 mostró menores contenidos de humedad, lo cual se relaciona en gran medida al ambiente físico que prevaleció durante el periodo de estudio en términos de temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, el déficit de presión atmosférica, la cantidad y duración de los eventos de lluvia así como a las capacidades de retención hídrica del tipo de suelo como se ha reportado en investigaciones anteriores (González et al., 2000; 2004; 2008; 2011).

En el presente estudio, las relaciones hídricas en las tres especies nativas difirieron dentro de cada fecha de muestreo. Además, las respuestas del potencial hídrico de las especies también variaron en épocas secas y épocas húmedas, siendo estos más negativos en períodos de sequía con respecto a periodos de alta precipitación. En general, durante el desarrollo del presente estudio, el contenido de humedad del suelo para la profundidad 0-10 cm más seca registrada fue del 4 de Noviembre de 0.001 kg kg⁻¹, lo cual se corrobora con el potencial hídrico al preamanecer (valores de -2.64, -3.10 y -3.24 MPa) y el potencial hídrico al mediodía (valores de -3.04, -3.34 y -3.56 MPa, respectivamente).

Los patrones de los potenciales hídricos estacionales al pre-amanecer y mediodía, durante el periodo de estudio concuerdan con estudios previamente establecidos con otras especies (González et al., 2011), ya que no mostraron una considerable respuesta a las fluctuaciones en la temperatura del aire (-5 a 48 °C) y precipitación (0–19 mm) y contenido de humedad del suelo contenido (0.001-0.011 kg kg⁻¹) respectivamente durante las fechas de muestreo (López, 2013; Guevara 2015). A excepción de *Condalia warnockii* que fue más dependiente al contenido de humedad en el ambiente y en el suelo en las profundidades 20-50 cm.

Las tres especies, adquieren valores promedio más altos en el potencial hídrico al mediodía (-2.4, -2.10 y -2.30 MPa) que al preamanecer (-2.29, -2.06, -2.35 MPa). Estos

valores es tan por encima de los observados por Guevara (2016) quien reporta en su estudio potenciales hídricos en las plantas arbustivas evaluadas valores en el rango de -0.3 y -2.2 MPa y de López (2013) valores de 0.4 a -4.0 en periodos húmedos y secos, respectivamente, lo cual sugiere, que la investigación desarrollada por dichos autores las especies de plantas enfrentaron un menor déficit hídrico tanto edáfico como atmosférico, el cual tuvo sus implicaciones en el estado hídrico de las plantas.

Estos resultados sugieren que las especies *C. warnockii*, *F. cernua* y *L. tridentata* se puedan considerar como especies más tolerantes al déficit hídrico edáfico y está relacionada a las estrategias de las plantas para hacer frente a estrés hídrico como un profundo y profuso sistema radicular, baja densidad anatómica, sobre todo en la región abaxial de la hoja, abscisión foliar, deposición de cera epicuticular foliar, entre otras variables morfológicas y anatómicas foliares y procesos fisiológicos (González et al., 2011).

Para el caso de *L. tridentata* estudios muestran que las pequeñas hojas tienen un alto cociente superficie-volumen, así como una capa resinosa-cerosa que permite optimizar la conservación del agua. Cuando la disponibilidad de agua es alta, los folíolos se abren desde la mañana, bajo estas condiciones la planta usa mucha agua, dado que la exposición a la luz directa fotosintéticamente activa se incrementa, así, las plantas de esta especie pueden regular, a través del movimiento foliar, el uso del agua y la estrategia de intercepción de luz y le permite a la gobernadora funcionar tanto como una planta conservadora de agua, o como una planta consumidora, sin perder sus hojas. Esto confiere a la especie una gran plasticidad en zonas áridas: una amplia apertura foliar puede permitirle interceptar abundante radiación fotosintéticamente activa durante períodos de alta disponibilidad de agua, mientras que el cierre de los folíolos durante las temporadas calientes y secas le permite disminuir la captación de radiación directa (Ezcurra et al., 1992) así como la capacidad de reducir el número de estomas que como se ha documentado es un mecanismo importante para la reducción de la transpiración y la regulación del estado hídrico de la planta (Barbour y Díaz, 1974; Tognetti et al., 2000) la presencia de resina en su hojas que le permite eficientizar el uso del agua y

comportarse como un antitranspirante y poder permanecer latentes aún en estado de desecación (Meinzer *et al.*, 1990; García, 2012) además de un sistema radicular de 170 cm hacia abajo, que se ramifica lateralmente hasta 4 m (Brinker, 1993).

F. cernua como estrategia muestra control estomático activo de la pérdida de agua, a medida que avanza la sequía, reduce gradualmente su área de superficie foliar (Mooney, 1971) presenta un característico aspecto lustroso debido al exudado resinoso de sus hojas y ramas que protege la pérdida de agua (Ariza-Espinar, 2000) presentan raíces poco profundas, que les permiten aprovechar el agua de las capas superficiales y estudios sugieren que solo sobreviven en los ecotones de pendiente ascendente (Mauchamp *et al.*, 1993), sin embargo, como estrategias de perpetuación vegetativas propias de ecosistemas áridos (Solbrig *et al.* 1996; Fahn y Cutler 1992) posee xilopodios (órganos de almacenamiento subterráneo) con abundante parénquima rico en almidón, corresponde a un órgano mixto, formado por el hipocótilo (incluyendo el nudo cotiledonar) y la raíz. Se trataría de especies hemicriptófitas (stricto sensu Raunkiaer, 1934) ya que pueden originar yemas de innovación a partir del xilopodio cuya parte superior crece por encima del nivel del suelo. Esas yemas de innovación pueden originar vástagos accesorios –reiteraciones-, que reemplacen parcial o totalmente la parte aérea de la planta frente a eventos de estrés muy severos, o disturbios ambientales (Silva, 2004).

C. warnockii puede depender en cambio a las estrategias que permiten a hacer frente a los mecanismos como la reducción de la superficie foliar o su caducifoliedad (Whittaker, 1975) ya que realiza un uso limitado de la humedad del suelo reduciendo la superficie de tallos y hojas y llegando a perderlas cuando la condiciones ambientales son más severas.

Dos procesos fisiológicos básicos pueden ser explicados en respuesta a los bajos potenciales- hídricos en plantas: 1) se puede establecer que las estructuras rígidas de las hojas pueden prevenir el colapso celular por la deshidratación inducida, lo cual permite inferir que el ajuste osmótico (activo o pasivo) pudo haber ocurrido al menos a un valor por debajo del potencial hídrico para mantener el potencial de turgencia y 2) el posible

aumento en las propiedades elásticas de las paredes celulares de la hoja pudo haber contribuido al mantenimiento de la turgencia más que a los cambios en el potencial de solutos, del cual en algunos casos, parece haber cambios muy grandes, entre -3.0 y -4.0 MPa. En este sentido se ha sugerido, que estos dos mecanismos tienen el mismo efecto en diferentes especies de plantas; evitar el estrés mecánico en la capa del protoplasto y particularmente en la membrana plasmática (Monson y Smith 1982; Maier et al. 1998).

Al igual que en la presente investigación, otros estudios con otras especies arbustivas y con diferentes condiciones climáticas observaron las mismas tendencias entre los potenciales hídricos al preamanecer y del mediodía (Montaña et al. 1995; González et al. 2008; Wenhui et al. 2000 y Himmelsbach 2010).

Lo anteriormente permite hipotetizar que las especies *L. tridentata* y *F. cernua* muestran que se han adaptado a una baja disponibilidad de agua en el suelo, ya que tienden a evitar la deshidratación del tejido, mientras que la adaptación de *C. warnockii* puede depender en cambio a las estrategias que permiten a hacer frente a los mecanismos como la reducción de la superficie foliar o su caducifoliedad (Whittaker, 1975) consideradas por lo tanto *L. tridentata* como especie que soporta la sequía, *F. cernua* especie resistidora y *C. warnockii* especie evitadora de sequía (Shantz, 1956) lo que sugiere que esta especie es la más susceptible a la sequía, ya sea porque no pueden ejercer solamente un control limitado sobre agua que se pierde a través de flujo de transpiración, o porque tienen una raíz sistema menos profundo.

Los resultados de este estudio muestran fuerte evidencia fisiológica, que aun cuando las tres especies nativas disminuyeron su potencial hídrico durante el estrés de sequía (respuesta de tolerancia a la desecación), ellas juegan un papel importante en el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas semiáridos con una disponibilidad limitada de recursos hídricos, por lo que las especies bajo estudio, *Condalia warnockii*, *Flourensia cernua* y *Larrea tridentata* pueden ser ejemplos de especies nativas que se han adaptado a la baja disponibilidad de agua del suelo, ya que tienden a mantener alta la hidratación del tejido, por lo que son candidatos potenciales para fortalecer y llevar a

cabo prácticas de restauración y conservación de estos ecosistemas de matorral xerófito degradado.

Sin embargo, se requieren estudios más detallados sobre las relaciones hídricas en los tejidos foliares a nivel anatómico, bioquímico, biofísico, fisiológico y molecular para elucidar los mecanismos utilizados por estas especies para adaptarse a las condiciones ambientales de este ecosistema donde se presentan períodos prolongados de sequía.

CONCLUSIONES

Las especies vegetales sufren la presión del ambiente biótico y abiótico en cada una de las diferentes fases de su ciclo de vida (Harper 1977). Los resultados obtenidos nos permiten conocer el papel que juegan los elementos básicos como sustrato y luz y como pueden influir en la respuesta germinativa de las especies de las zonas áridas y semiáridas y nos ayuda a generar modelos predictivos de la respuesta de la vegetación frente a cambios en el clima y uso del suelo.

Este trabajo describe la composición y caracterización florística del matorral desértico micrófilo y aunque el número de individuos fue mayor en el Llano la Soledad los sitios de muestreo muestran una diversidad similar.

Las especies con mayor índice de valor de importancia registrado *Flourenzia cernua*, *Larrea tridentata* y *Condalia wanockii* revelan el buen comportamiento ecológico en la comunidad de estudio, reflejando la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos agua, luz, espacio y nutrientes asegurando así su supervivencia.

El área evaluada posee una riqueza alta está relacionada con el grado de perturbación que se presentan en las unidades de muestreo ocasionado principalmente por sobrepastoreo. Se presenta un pequeño número de especies abundantes y una gran proporción de especies poco abundantes y se refleja una dominancia muy marcada por tres especies de tipo arbustivo y una herbácea.

La presente investigación aporta información sobre la composición florística y caracterización del matorral desértico micrófilo que sirve de base para la restricción del aprovechamiento de algunas especies, para estudios del uso y cambio del suelo, para un manejo adecuado de los recursos vegetales y el establecimiento de propuestas de conservación y/o regeneración en áreas reducidas o fragmentos de vegetación del ecosistema más representativo de las zonas áridas, el matorral desértico micrófilo del Noreste de México.

La mayor germinación en los ocho tratamientos se presenta los días 10 a 18. Existe una correlación entre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas, altas tasas de germinación se asocian a rápida velocidad de germinación. El tipo de sustrato xerosol influye significativamente en la velocidad de germinación de las tres especies. Las especies *C. warnockii* y *F. cernua* necesita luz directa para germinar mientras que las semillas de *L. tridentata* son fotoblásticas negativas requiere condiciones de oscuridad para su germinación.

El tipo de sustrato influyen significativamente en la velocidad de germinación *Larrea tridentata*, mientras que para *Flourenzia cernua* y *Condalia warnockii* no son factores determinantes.

Aunque no existe un patrón claro de germinación con diferentes espectros de luz, se puede mencionar que las especies *Condalia warnockii* y *Flourenzia cernua* necesita luz directa para germinar mientras que *Larrea tridentata* requiere condiciones de oscuridad para un aumento en su germinación, por lo que se considera que las semillas son fotoblasticas, es decir que la germinación responde a un estímulo luminoso. Si la luz estimula la germinación (fotoblastismo positivo), pero si es inhibida en presencia de la luz fotoblastismo negativo (Piedrahita, 1997).

Se presenta una correlación entre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas, altas tasas de germinación se asocian a rápida velocidad de germinación.

Los arbustos xerofíticos son la forma de vida dominante en la mayoría de las zonas áridas y semiáridas y han desarrollado una amplia variedad de formas y adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas que determinan distintos grados de xerofitismo. Los valores observados en los potenciales hídricos diurnos y estacionales, difieren entre las especies evaluadas de acuerdo con la condición física presente en las diferentes fechas de muestreo y las variables ambientales prevalecientes durante las fechas de medición. Esto quiere decir que cada especie responde de manera diferente ante la presencia o escases de humedad.

Tanto el comportamiento del potencial hídrico como el contenido de humedad del suelo a diferentes perfiles de profundidad respondieron a eventos de precipitación.

Se concluye que bajo condiciones de limitada humedad edáfica, las especies *F. cernua* y *L. tridentata* muestran una tendencia a presentar mayores potenciales hídricos y por consiguiente una mayor tolerancia a la deshidratación del tejido foliar, indicando que estas especies podrían ser consideradas como especies adaptadas a la sequía. La especie *C. warnockii*, muestra un comportamiento susceptible a la deshidratación del tejido foliar por presentar potenciales hídricos más bajos al medio día en los muestreos del mes de junio, donde se presentó una pronunciada escases de lluvia y altas temperaturas, por lo que no podría ser tolerantes a la sequía, y por tanto estarán en una situación de desventaja fisiológica en condiciones de escasez de agua.

Las tres especies vegetales estudiadas fueron capaces de explotar fuentes de humedad del suelo de las capas más profundas del suelo a fin de mantener los requerimientos mínimos de agua para satisfacer las adaptaciones fisiológicas y morfológicas (evidenciada por el enrollamiento, abscisión y retención de hojas) para evitar el daño por desecación.

PERSPECTIVAS

A partir de los estudios y discusiones presentados en esta Tesis Doctoral, las perspectivas de trabajos futuros se orientan en las siguientes direcciones.

En un primer plano estarían los trabajos destinados a completar los aspectos relativos a las adaptaciones morfológicas, fisiológicas y estrategias biológicas que las especies vegetales estudiadas han desarrollado para sobrevivir a las zonas áridas.

En un segundo plano, se encontrarían los estudios relativos a la evaluación de la altura, diámetro y sobrevivencia de las plantas en las zonas con potencial de establecimiento y la gestión ante las dependencias para la incorporación de las tres plantas de estudio en la lista de especies con potencial para restauración de las zonas áridas.

Finalmente sería de interés un estudio de ácido abscísico, estudios anteriores han comprobado que durante estrés de deshidratación los niveles de ABA se incrementan en tejidos vegetativos. Esta relación lleva a proponer que el ABA es uno de los mediadores de dichas respuestas en las plantas de zonas áridas.

BIBLIOGRAFÍA

Ackerly D, Knight C, Weiss S, Barton K y Starmer K. 2002. Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: contrasting patterns in species level and community level analyses. *Oecologia* 130: 449-457.

Aguilar, C.M.A. 2002. Restauración ecológica en un Ecosistema Mixto de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman y *Pinus hartwegii* Lindl. en El Cerro el Potosí, Galeana, N.L. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. Tesis de Licenciatura. 47 pp.

Alanís, R.E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el Matorral Espinoso Tamaulipeco. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. Tesis de Maestría. 41 pp.

Andreev I. 2001. Functions of the vacuole in higher plants cells. *Russian Journal of Plant Physiology* 48: 777-787.

Ariza Espinar L. 2000. Familia Asteraceae. Tribu Heliantheae. Pródromo de la Flora Fanerogámica de Argentina Central. 2: 1-111. Museo Botánico. Fac. de C. E. F. y N. (UNC). Córdoba, Argentina. 111 p.

Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* 1(1): 6-16

Barbetti, R. 1995. Plantas autóctonas, imprescindibles para la naturaleza y para la humanidad. Edición del autor. Buenos Aires, 278 páginas.

Barbour M., G. 1968. Germination requirements of the desert shrub *Larrea divaricata*. *Ecology* 49: 915-923.

Barbour, M.A. y Díaz, D.V. 1974. Contributions to the biology of *Larrea* species. *Ecology*, 55: 1199- 1215.

Benavides, M. H., Gazca, G. M y López, L. S. 2009. Elaboración de un catálogo de especies arbóreas y arbustivas para la reforestación de un área verde urbana. Memorias IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Oaxaca, Oaxaca. 63 pp.

Benítez, B. G., Pulido-Salas, M y Zamora, E. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C., SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz, México. 288 p.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Particle Density 1. *Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods*, (methodsofsoiln1), 377-382.

Brummitt, R. K., y Powell, C. E. 1992. *Authors of plant names*. Royal Botanic Gardens, Kew. 732 p.

Blondel J, Aronson J. 1999. Biology and wildlife of the mediterranean región. Oxford University Press, New York. 328 p

Brinker, F. 1993. *Larrea tridentata* (DC) Colville (chaparral or creosote bush). *Brit. J. Phytother*, 3(1), 10-31.

CNA, SMN. 2018. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx/es/>

CONABIO. 2008. Regiones Terrestres Prioritarias de México: Tokio. Recuperado el 24 de Enero de 2018, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_080.pdf.

CONAFOR. 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Zapopan, Jalisco. 1ª Ed. 63 pp.

Contreras Q., M. 2012. Germinación de semillas de especies nativas de los pastizales del altiplano del norte de México. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. Tesis de Maestría. 53 p.

Correll, D.S. y Johnston, M.C. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas. Texas Research Found. Renner, Texas. 1524-1766.

Cortes M. C. 1997. Isozymes in *Larrea divaricata* and *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae): a study of two amphitropical vicariants and autopolyploidy. *Genetica*, 101(2), 115-124.

Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32, 476-296.

Dalton, P. D. 1961. Ecology of the creosotebush *Larrea tridentata* (DC.) Cov. Tesis Doctoral. University Microfilms.

Díaz, M. 2001. Ecología experimental y ecofisiología: bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neo-tropicales. *Interciencia*, 26(10): 472-478.

Di Castri F, Goodall DW y Specht RL. 1981. Mediterranean-type shrublands. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 643 p.

Donovan L. A., Richards J. H., Linton y M. J. 2003. Magnitude and mechanism of disequilibrium between predawn plant and soil water potentials. *Ecology* 84: 463–470. Doi:10.1890/0012-9658(2003)084[0463:MAMODB]2.0. CO2.

Espinoza, G.A., Fuentes, E.R. y Molina, J.D. 1988. La erosión: fenómenos naturales y acción del hombre. Ed. Prenafeta. Ecología del Paisaje en Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago: 53-64.

Estrada-C., A. E., Scott-M., L., Villarreal-Q., J. A., Jurado-Y., E., Cotera-C., M., Cantú-A., C. y J. García-P. 2010. Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de la pradera (*Cynomis mexicanus*), diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(2), 401-416.

Ezcurra, E., Arizaga, S., Valverde, P.L., Mourelle, C y Flores-Martínez A. 1992. Foliole movement and canopy architecture of *Larrea tridentata* (DC.) Cov. in Mexican deserts. *Oecologia* (Berl.) 92(1): 83-89.

Fahn A y Cutler DF. 1992. Xerophytes. En: Handbuch der pflanzenanatomie, Band XIII, Teil 3, Pp. 176.

Fernández-Nava, Rafael, María de la Luz Arreguín-Sánchez, and David Leonor Quiroz-García. 2013. Revisión del género *Condalia* (Rhamnaceae) en México. *Polibotánica*. Núm. 36, pp. 15-40, ISSN 1405-2768; México, 2013.

Franco, J. 1989. Manual de Ecología. Editorial Trillas. México, D. F. México. 266 pp.

Gálvez Juventino 2002. La Restauración Ecológica: Conceptos y Aplicaciones. Serie de documentos técnicos No. 8. IARNA-URL. 23 pp.

García Castillo, B. 2014. *Larrea tridentata* (Sessé & Mo. Ex Dc.) Coville. Tesis de Licenciatura. Buenavista Saltillo Coah. México. 73 p.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen México, D. F. Instituto de Geografía.

García, A. 2000. Restauración de la Vegetación en los Bosques de Encino y Pino Encino en el Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León, México. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. Tesis de Licenciatura. 64 pp.

Garen, E.J., Saltonstall, K., Ashton, M.S., Slusser, J.L., Mathias, S., Hall, J.S. 2011. The tree planting and protecting culture of cattle ranchers and 2 small-scale agriculturalists in rural Panama: opportunities for reforestation and land restoration. *Forest Ecology and Management*, 261 (2011), pp. 1684–1695.

Gebrekirostos, A.; Teketay, D.; Fetene, M. y Mitlöhner, R. 2006. Adaptation of five co-occurring tree and shrub species to water stress and its implication in restoration of degraded lands. *Forest Ecology and Management* 229: 259–267.

Gee, G. W., & Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, (methodsofsoilan1), 383-411.

González-Medrano, F. 2004. Las comunidades vegetales de México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología. 266 pp.

González RH, Cantú SI, Gómez-Meza MV y Jordan WR 2000. Seasonal plant water relationships in *Acacia berlandieri*. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 343-357.

González RH, Cantú SI, Gómez-Meza MV, Ramírez-Lozano RG. 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 58: 483-503.

González RH, Camarillo AI, Cantú SI, Ramírez-Lozano RG, Gómez-Meza MV. 2008. Water relations in Native Trees, Northeastern México. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, University of Hohenheim, Tropetag October-2008, Germany.

González RH, Cantú SL, Ramírez Lozano RG, Gómez-Meza MV, Pando Moreno M, López Hernández JM 2011. Potencial hídrico xilemático en cuatro especies arbustivas nativas del Noreste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. XVLL Edición Especial: 97:109.

González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V., Cotera-Correa, M., Carrillo-Parra, A., & Marroquín-Castillo, J. J. 2013. Producción de hojarasca y retorno de nutrientes vía foliar en un matorral desértico micrófilo en el noreste de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 249-262.

Granados S., D., A. Sánchez G., Granados RLV., A. Borja R. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Volumen XVII, Edición Especial: 111-130.

Guevara Pérez, C. I. 2015. Respuesta al estrés hídrico en algunas especies consideradas maderables del matorral espinoso tamaulipeco. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Postgrado en Manejo de Recursos Naturales, Tesis Maestría, Linares, N.L. México. 56 p.

Gutiérrez, J.R. y F.A. Squeo. 2004. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas* 13(3): 36-45.

Guterman Y. 1993. *Seed Germination in desert Plants* Springer. Berlin, Alemania. 253 p.

Harper, J. 1977. *Population biology of plant*. Academic Press, London. 892 p.

Hartmann H., T y Kester, D. E. 1982. *Propagación de Plantas y Principios Básicos*. 3^a ed. CECSA. México, D. F. 814 p.

Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies, & R. L. Geneve. 2002. Principles of propagation by cuttings. Plant propagation, principles and practices. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey: 278-291

Himmelsbach W. 2010. Caracterización de bosques mixtos de pino-encino en la Sierra Madre Oriental en México considerando el factor limitante hídrico, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Postgrado en Manejo de Recursos Naturales, Tesis doctoral, Linares, N.L. México. 112 p.

Holl K. D., Loik M. E., Lin E. H., y Samuels, I. A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. Restoration ecology, 8 (4): 339-349.

INEGI. 1986. Síntesis geográfica del Estado de Nuevo León. D. F., México. 170 p.

ISTA. 1981. Manual de métodos de ensayos de vigor. Trad. Por T. L. Martínez Vasallo y F. González Torres, Madrid, Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero, 56 p.

Jurado, E., 2000. Germination in Tamaulipan thornscrub of north-estern Mexico. Journal of Arid Environments. 46: 413-424.

Justice, O. 1972. Fundamentos de las pruebas sobre semillas. En biología de la semilla vol. 3: 301-370 p.

Kramer PJ, Boyer J. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press. San Diego, CA. Chapter 12: 383-390.

Lambers H, Chapin FS, Pons TL. 1998. Plant physiological ecology, Springer Verlag, York PA.

- Larcher W. 2003. Physiological plant ecology. 4th ed. Springer, Germany 231 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- López, H.J.M. 2010. Relaciones hídricas en cuatro especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco, Noreste de México, Tesis de Maestría, Facultad de ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, NL, México. 82 p.
- McDowell, N., W. T. Pockman, C. D. Allen, D. D. Breshears, N. Cobb, T. Kolb, J. Plaut, J. Sperry, A. West, D. G. Williams, y E. A. Yezzer. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytol* 178: 719-739.
- Magurran, A. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
- Maier-Maercker U. 1998. Dynamics of changes in stomatal response and water status of *Picea abies* during a persistent drought period: a contribution to the traditional view of plant water relations. *Tree Physiology* 18: 211-222.
- Mauchamp, A., Montaña, C., Lepart, J., & Rambal, S. 1993. Ecotone dependent recruitment of a desert shrub, *Flourensia cernua*, in vegetation stripes. *Oikos*, 107-116.
- Martínez, E. 2002. Restauración Ecológica y Biodiversidad. Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Biodiversitas. Número 28. 1-4. México.
- Mata, M., Treviño, E., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E., & Foroughbackhch, R. 2014. Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noreste de México. *Revista Iberoamericana. Cien*, 1(3), 3-15.

McNeely, J. A. 2003. Biodiversity in arid regions: Values and perceptions. *Journal of Arid Environments* 54: 61-70

Medrano, F. G. 2004. Las comunidades vegetales de México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología. 77 p.

Medina Guillén, R., Cantú Silva, I., Estrada Castillón, E., González Rodríguez, H., & Delgadillo Villalobos, J. A. 2016. Cambios en la vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(32), 37-48.

Meli Paula. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Red Latinoamericana de Botánica. Instituto de Ecología de la UNAM.

Meinzer, F. C., Wisdom, C. S., Gonzalez-Coloma, A., Rundel, P. W., & Shultz, L. M. 1990. Effects of leaf resin on stomatal behaviour and gas exchange of *Larrea tridentata* (DC.) Cov. *Functional ecology*, 579-58

Miranda J.D., F. M. Padilla y F. I. Pugnaire. 2004. Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. Estación Experimental de Zonas Áridas Almería, España. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Ecosistemas 13 (1): 55-58.

Monson RK, Smith SD. 1982. Seasonal water potential components of Sonoran Desert plants. *Ecology* 63: 113-123.

Montaña C, Cavagnaro B, Briones O. 1995. Soil water use by co-existing shrubs and grasses in the southern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 31: 1-13.

Mooney, H. A., & Kummerow, J. 1971. The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. *Botanical Gazette*, 132(3), 245-252.

Mora-Donjuán, C. A. 2014. Composición y diversidad vegetal de un área de Matorral Desértico Micrófilo con historial pecuario en el noreste de México. *Polibotánica*, 38:53-66.

Mueller- Dombois, Dieter; Ellenberg, Heinz. 1974. Aims and methods of vegetation ecology.

Palacio, J.L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario nacional forestal 2000. *Boletín del Instituto de Geografía*. 43: 183-203. Investigaciones Geográficas, UNAM.

Patiño, V. F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Subsecretaría Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Boletín Divulgativo* no. 63. México, D. F. 180 p.

Piedrahita E. 1997. Germinación de semillas de *Jacaranda copaia* bajo condiciones contrastantes de luz. Colombia. *Crónica forestal y del medio ambiente* 12: 1-4.

Piotto, D. 2002. Comportamiento de las especies y preferencias de los productores Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana*. 38: 59-66.

Potting J y J Bakes. 2004. The Geo-3 Scenarios 2002-2032: Quantification and analysis of environmental impacts. UNEP/DEWA, Nairobi Kenia and RIVM Bilthoven, Holanda. 215.

Poulsen, G., C. Holten y R. Von Bohmer. 2006. Identification and revival of low viability seed samples. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53: 675-678.

Raunkiaer C. 1934. The life form of plants and statistical geography. Claredon Press, Oxford.

Richie GA, Hinckley TM. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research* 9: 165-254.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2006. Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.* Vol 12. No. 002. UACH, Chapingo, México. 111-123.

Rosenzweig, M. L. 1995. *Species Diversity in Space and Time.* University of Cambridge Press. Great Britain at University Press. Cambridge. 50-72.

Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504.*

Sáez, P., & Narciso, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3).

Salisbury FB, Ross C. 1994. *Fisiología Vegetal.* Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. 759 p.

Scott, S.J., R.A. Jones, y W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24: 1129-1199.

SEMARNAT. 2018. Suelos. Recuperado el 24 de Agosto de 2018 de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html.

SEMARNAT y CP. 2003. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000, recuperado el 29 de Agosto de 2018 de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_2.html

SEMARNAT y UACH. 2003. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000, recuperado el 29 de Agosto de 2018 de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_2.html

SER. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Recuperado el 24 de Agosto de 2018 <http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>.

Shantz, H. L. 1956. History and problems of arid lands development. *The future of arid lands*, 3-25.

Silva, M. P. 2004. *Flourensia campestris Y Flourensia oolepis (Asteraceae)*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires.

Solbrig OT, Medina ME, Silva JF. 1996. Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes, A Global Perspective. Ecological Studies. Springer, The Netherlands.

SPSS para Windows. 2011. Versión 20.0. Chicago: SPSS Inc. [programa informático en CD-ROM]. Disponible en SPSS Inc. Página web de SPSS disponible en: <http://www.spss.com/>.

Stanley, R.G., y Butler, W. L. 1961. Life processes of the living seed. Seeds. Yearbook Agr., US Dep. Agr., 88-94.

Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach, (2nd Edn). New York, NY, McGraw-Hill Book Company. 632 p.

Steudle E. 2000. Water uptake by roots: effects of water deficit. *Journal of Experimental Botany* 51: 1531-1542

Stubbendieck, James., Hatch, Stephan., Butterfield, Charles., H. 1992. North American range plants. 4th ed. Lincoln, NE: University of Nebraska Press. 493 p.

Taiz L. y Zeiger E. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Public Company Inc. USA 565 p.

Taylor SA. y Ashcroft GL. 1972. *Physical Edaphology*. The physics of irrigated and non-irrigated soil. W.H. Freeman, San Francisco, USA. 1972 p.

Tognetti RR Minnocci A Peñuelas J Raschi A and Jones MB. 2000. Comparative field water relations of three Mediterranean shrub species co-occurring at a natural CO₂ vent. *Journal of Experimental Botany* 51:1135–1146

Ugalde Ávila, J., Granados-Sánchez, D., y Sánchez-González, A. 2008. Sucesión en el matorral desértico de *Larrea tridentata* (DC.) Cov. en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 153-160.

Unión Forestal del Estado de Nuevo León (UFNL). 2012. Estudio Regional Forestal de la UMAFOR 1901. 309 p.

Valladares F, Vilagorsa A, Peñuelas J, Ogaya R, Camarero JJ, Corchero L, Sisó S, Gil P E. 2004. Estrés hídrico: Eco fisiología y escalas de la sequía Capítulo 6, En: Valladares F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 163- 190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S, A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8

Valverde, P. L., Arizaga, S., & Ezcurra, E. 1993. Movimiento foliar en *Larrea tridentata* (Sesse & Moc. Ex Dc.) Cov. en relación con la sequía y la edad de la hoja. *Acta botánica mexicana*, (21).

Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*, 2nd ed. Macmillan, New York.

Wenhui Z, Prado BCH, Ruiping M. 2000. Analysis on the daily course of water potential of nine woody species from Cerrado vegetation during wet season. *Journal of Forestry Research* 11: 7-12.

Woerner Petran, M. 1989. *Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas*. Manual No. 631.41. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. 105 p.

Yanes, C. V., Muñoz, A. I. B., Alcocer, M. I., Silva, M. G. D. y Dirzo, S. 2001. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. 15 pp.

Venable, D.L., L. Lawlor. 1980. Delayed germination and dispersal in desert annuals: Escape in space and time. *Oecologia*. 46: 272-82.

Westoby, M., E. Jurado, & M. Leishman. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology & Evolution*, 7(11), 368-372.

Yen Méndez, M. C. 2006. *Cambios en cobertura y composición florística del pastizal halófilo en el Estado de Nuevo León, México*. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N.L. Tesis de Licenciatura. 55 p.

Zúñiga, B. F., y Prieto, P. J. L. 2004. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México. 507 p.

Zyalalov A. 2004. Water flows in higher plants: physiology, evolution and system analysis. *Russian Journal of plant physiology* 51: 547-555.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Formación académica

- Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2010.
- Forstwissenschaften (Bachelor), Georg August Universität, Göttingen, Alemania, 2009.

Desempeño profesional y laboral

- Docente Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2018.
- Asesor en el Programa de Verano de Investigación Científica y Tecnológica (PROVERICYT) que organiza la Dirección de Investigación de la UANL, 2017.
- Docente y Responsable del Departamento de Sustentabilidad Docente. Preparatoria #4 Universidad Autónoma de Nuevo León, 2017.
- Prestador de Servicios Técnicos Forestales. Confederación Nacional de Organizaciones de Silvicultores, A.C. (CONOSIL) y Unión Forestal del Estado de Nuevo León (UFNL), A.C, 2012.
- Capacitador del curso “Restauración Ecológica en Ecosistema Árido y Semiárido para la Oficina Estatal de CONAFOR-Durango, y CONAFOR-Sonora, 2010.
- Ejecución del Proyecto “Fortalecimiento a las Organizaciones de Silvicultores de México”, Conjunto MTK de Finlandia-CONOSIL de México, 2012.

Logros relevantes

- 1er Lugar. XXVIII Olimpiada Estatal de Biología que organiza la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL y la Academia Mexicana de Ciencias, 2018.
- 1er Lugar. Concurso “Proyecto Social Plastics Recicreando” que organiza el Consejo para la Cultura y las Artes de Nuevo León, 2018.
- “Mención Honorífica. 3er Concurso de Fotografía Sustentable, En la Mira de la Sustentabilidad, que organiza la Secretaría de Sustentabilidad, UANL, 2017, 2018 y 2019.

Asesor de Tesis

- Evaluación de la germinación de *Agave victoria reginae* en condiciones de laboratorio y vivero.

- Especies dendroenergéticas en el estado Nuevo León.

Artículos

- Respuesta germinativa de tres especies arbustivas del Matorral Desértico Micrófilo en el Noreste de México en la revista Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2019 (Revisión).
- Composición florística y caracterización estructural del Matorral Desértico Micrófilo en Galeana, Nuevo León en la revista CIENCIA FORESTAL, 2017 (Publicado).

Capacitación

- Diplomado de Tutorías que organiza la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Curso **1er, 2° y 3er ejercicio Familiarizándose con PISA** (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) que organiza la Subsecretaría de Educación Media Superior dentro de la estrategia Nacional de Formación Continua de Profesores de Educación Media Superior y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México, 2018.
- Diplomado de **Restauración Ecológica** de 60 horas que organiza el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C (IPICYT) en el municipio de San Luis Potosí con un promedio de 9.3, 2017.
- Curso básico líderes **CONSTRUYE-T** que organiza la Subsecretaría de Educación Media Superior dentro de la estrategia Nacional de Formación Continua de Profesores de Educación Media Superior y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México, 2017.
- Curso-Taller. Identificación, Importancia y Notas Técnicas de **Malezas** impartido en la Facultad de Ciencias Biológicas (UANL) del 28 de Octubre al 1 de Noviembre en la ciudad de Monterrey, N.L durante el 2° Simposio de Uso de Recursos Vegetales del Noreste de México, 2013.

Congresos

Participación en 17 Congresos Nacionales e Internacionales, 9 derivados de esta investigación.

Tropical and Subtropical Agroecosystems

[Journal Help](#)

LANGUAGE
Select Language ▼ Submit
English

FONT SIZE
A A A

OPEN JOURNAL SYSTEMS

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

Signatory of DORA
San Francisco Declaration on Research Assessment

Additional classification systems or journal metrics that include TSAES
[Sistemas adicionales de clasificación o métricas de revistas que incluyen a TSAES]
CONACYT-México
Matriz de Información para el Análisis de Revistas (MIAR)
Google scholar
REDIB

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS

Home > User > Author > Submissions > #2716 > Review

#2716 Review

SUMMARY REVIEW EDITING

Submission

Authors
Marisol González [✉](#)

Title
VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS DEL MATORRAL DESÉRTICO MICROFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO

Section
Research Papers

Editor
Carlos Sandoval Castro [✉](#)

Peer Review

Round 1

Review Version
2716-11347-1-RV.DOCX 2018-10-18

Initiated
2018-12-13

Last modified
2019-05-31

Uploaded file
None

Editor Decision

Decision
—

Notify Editor
[✉](#) Editor/Author Email Record [No Comments](#)

Editor Version
None

Author Version
None

Upload Author Version
[Seleccionar archivo](#) [Ningún archivo seleccionado](#) [Upload](#)

ISSN: 1870-0462

USER
You are logged in as...
solymar289

- My Journals
- My Profile
- Log Out

AUTHOR
Submissions

- Active (1)
- Archive (1)
- New Submission

JOURNAL CONTENT
Search
Search Scope ▼
All [Search](#)
Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals

Tropical and Subtropical Agroecosystems

Q4

Agricultural and Biological Sciences (miscellaneous)
best quartile

SJR 2018